Paulssen, Wolfgang

Klinisch experimentelle Studien zur Korresion der dentalen nicht Edelmetallegierungen Ultratek, Wiron und Wironium sowie klinische Nachuntersuchungen eingegliederter Ultratek- und Wiron-Kronen- und Brückenarbeiten.

1982. 94 S. 8°
Düsseldorf, Univ., Univ., Med. Fak., Diss.

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Aus der
Prothetischen Abteilung
(Direktor: Prof. Dr. H. Böttger)
der Universitäts-Poliklinik und
Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Westdeutsche Kieferklinik)
Düsseldorf

KLINISCH EXPERIMENTELLE STUDIEN ZUR KORROSION DER DENTALEN NICHT EDELMETALLEGIERUNGEN ULTRATEK, WIRON UND WIRONIUM SOWIE KLINISCHE NACHUNTERSUCHUNGEN EINGEGLIEDERTER ULTRATEK- UND WIRON-KRONEN- UND BRÜCKENARBEITEN

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Wolfgang Paulssen
aus Aachen

Düsseldorf 1982

" Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität Düsseldorf "

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Arnold

Referent
gez.: Priv.-Doz.
Dr. Weber

Korreferent
gez.: Prof. Dr. Menzel

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Seite

I Einleitung 4

A: Situation der dentalen Legierungen in der zahnärztlichen Prothetik

B: Problematik der Nichtedelmetalle

1. technische Aspekte

2. biologische Aspekte

II Literaturübersicht 11

A: Biokompatibilität der unedlen Legierungen

B: Werkstoffkunde der unedlen Legierungen

III Ziel der eigenen Arbeit 24

IV Eigene Untersuchungen 25

A: klinisch experimentelle Korrosions-untersuchungen 25

1. Material und Methode 25

2. Ergebnisse 33

3. Diskussion 49

B: klinische Longitudinalstudie 59

1. Material und Methode 59

2. Ergebnisse 65

3. Diskussion 73

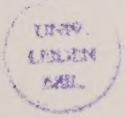
V Zusammenfassung 81

VI Dank 93

VII Lebenslauf 94

E I N L E I T U N G

Schon im Altertum wurden zum Zahnersatz neben anderen Werkstoffen, z.B. Knochen, Elfenbein und Holz, Gold und Goldlegierungen verwendet. In Ägypten wurden bei Ausgrabungen Mumienschädel gefunden, deren Zähne Füllungen aus Golddrähten hatten. Von den Phöniziern und Etruskern sind kunstvolle aus Goldbändern oder Drähten gefertigte Vorrichtungen bekannt, die zur Verankerung künstlicher Zähne am Restgebiß dienten. Gelötete und genietete Goldringe aus dieser Epoche können als Vorläufer von Kronen betrachtet werden [29]. Im Mittelalter waren gegenüber diesem Stand der Technik keine wesentlichen Fortschritte zu verzeichnen. Gold und seine Legierungen mit Silber und Kupfer waren auch noch im 19. Jahrhundert die fast ausschließlich verwendeten metallischen Werkstoffe. Dem Stand der Goldschmiedetechnik entsprechend, wurde Zahnersatz im wesentlichen durch Zusammenlöten verformter Bleche und Drähte gefertigt. Blattgold wurde durch Hämmern zu kompakten Füllungen verarbeitet. Erst mit der Einführung des Goldgusses um die Jahrhundertwende von TAGGART eröffneten sich neue Wege, auch größere Zahnersatzarbeiten, individuell gestaltet,



herzustellen [29].

Der Goldguß erstreckt sich heute auf einen großen Anwendungsbereich in der Zahnheilkunde. Inlays, Onlays, Kronen- und Brückenersatz, herausnehmbarer und kombiniert festsitzend herausnehmbarer Zahnersatz gehören zur Routine eines zahntechnischen Laboratoriums.

Bereits am Ende der zwanziger Jahre hat man durch wirtschaftliche Zwänge nach Goldalternativen suchen müssen. In der Modellgußprothetik, einem partiellen Zahnersatz, bei dem Basis, großer Verbinder, kleiner Verbinder und Klammern in einem Stück gegossen werden, ist die Goldlegierung zu dieser Zeit schon durch eine Kobalt-Chrom-Legierung verdrängt worden. Diese edelmetallfreie Legierung (NEM-Legierung: Nicht Edelmetallegierung) hat sich im Laufe der Jahre empirisch als mundbeständig erwiesen, und ihre mechanischen Eigenschaften sind für den Modellguß geeigneter als die der Goldlegierungen.

1974/75 wurde die Prothetik in den Bundesmantelvertrag übernommen. Dadurch wurde der Zahnersatz, der zuvor vom Patienten privat bezahlt werden mußte, zur kassenzahnärztlichen Leistung, d.h., nur ein relativ

geringer Restbetrag von 20 % mußte vom Patienten getragen werden. Dementsprechend war in der BRD ein rapider Anstieg im Goldverbrauch festzustellen. 1974 benötigte man 10 t, 1975 12 t Gold für den dentalen Sektor. 1976 stieg der Goldverbrauch auf 20,1 t (siehe Tabelle I). Im weltweiten Vergleich zeichnete sich diese Steigerungsrate von etwa 60 % als einzigartig aus.

Aber nicht nur der Verbrauch, sondern auch der Goldpreis ist zusehends gestiegen, so daß die hohen Unkosten uns zwingen, nach weiteren Goldalternativen in der Zahnheilkunde zu suchen.

Der Goldverbrauch für die Zahntechnik betrug 1979 in der BRD 28 t, das entsprach einem Drittel des Jahresweltverbrauchs.

Verwendung von Gold in der Zahntechnik (netto)
Tonnen

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Deutschland	8,5	9,0	11,0	12,0	10,0	12,0	20,1	24,7	27,0	28,0	25,2
Vereinigte Staaten	20,4	23,3	23,3	21,1	16,5	19,9	21,6	23,6	24,0	21,2	13,8
Japen	9,6	10,0	10,3	12,5	10,0	10,0	13,0	10,5	13,3	12,0	5,9
Italien	4,0	4,5	4,0	4,0	4,0	3,0	3,5	4,0	4,5	3,6	2,5
Schweiz	1,3	1,3	1,4	4,0	4,0	3,8	3,9	4,2	4,4	4,9	4,8
Frankreich	2,5	2,7	3,0	3,0	2,5	2,5	2,8	3,0	3,4	3,4	2,0
Südafrika	-	-	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	1,3	1,4	1,8	1,0
Israel	-	-	-	1,0	1,3	1,3	1,3	0,8	1,2	1,5	0,8
Brasilien	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,5
Jugoslawien	-	-	-	-	0,5	0,5	0,8	1,1	1,1	1,1	0,9
Mexiko	1,3	1,7	2,1	1,8	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3
Australien	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,8	0,8	0,7	0,5	0,3
Niederlande	0,9	0,9	1,1	0,9	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7
Schweden	1,2	0,9	0,8	0,7	1,3	1,3	1,0	1,0	0,8	0,6	0,4
Vereinigtes Königreich	1,0	0,8	0,8	0,7	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6
Österreich	0,9	1,1	1,2	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,3
Griechenland	1,3	1,0	1,0	0,9	0,8	1,0	0,7	0,5	0,5	0,6	0,2
Belgien	1,2	1,3	1,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Spanien	1,2	1,2	1,3	0,8	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,2
Südkorea	-	-	-	-	-	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	0,3
Kanada	0,7	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
Dänemark	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
Norwegen	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Peru	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Portugal	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Venezuela	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gesamt	58,5	62,9	65,8	67,5	56,9	62,2	76,5	82,4	89,2	86,1	61,7

Quelle: Consolidated Gold Fields Limited
GOLD 1981
von David Potts

Tabelle 4

Damit hatte die BRD den höchsten Goldverbrauch auf dem dentalen Sektor, gefolgt von den USA mit 21,2 t. Die dafür entstehenden finanziellen Aufwendungen betrugen 1,2 Milliarden DM. Der bei der Verarbeitung entstehende Metallverlust von etwa 20 % durch Polieren und Fräsen, kann nur zu einem geringen Teil wieder zurückgewonnen werden und entsprach einem Gegenwert von 240 Millionen DM [33].

Den Goldlegierungen, deren Eignung für zahnmedizinische Zwecke sich rein empirisch bewiesen hat, stehen die relativ neuen Nicht Edelmetallegierungen gegenüber. Einer amerikanischen Umfrage nach werden in den USA schon 25 % der Kronen und Brücken aus Ni-Cr-Legierungen hergestellt [3, 4].

Bei einem Preisvergleich mit Nicht-Edelmetallegierungen auf Nickel-Chrom-Basis müssen wir die Anzahl der angefertigten Kronen- und Brückenglieder wissen, da bei diesen Legierungen nicht nach Gewicht, sondern nach Einheiten abgerechnet wird [33].

Bei einem Preis von DM 15,-- pro Einheit und einem Verbrauch von 10 Millionen Einheiten 1979 hätten nur 150 Millionen DM aufgewandt werden müssen, d.h., eine Einsparung gegenüber den Goldlegierungen von über 1 Milliarde DM. Zugegebenermaßen stimmt diese

Rechnung nicht ganz, da es zum gegenwärtigen Zeitpunkt technisch noch nicht möglich ist, jede Goldarbeit durch eine Nicht Edelmetallarbeit zu ersetzen [33].

In den oben genannten Studien [3, 4] wurden allerdings auch auf eine Reihe von Problemen hingewiesen, die bei der Verarbeitung dieser NEM-Legierungen auftreten.

Probleme in der Vergießbarkeit, Paßgenauigkeit und der Keramikhaftung werden den Nicht Edelmetallen häufig nachgesagt. Auch seien diese Legierungen zu hart, wodurch die Verarbeitung erschwert würde.

Neben diesen technischen Schwierigkeiten gibt es auch biologische Probleme. Die Biokompatibilität der NEM-Legierungen wird häufig in Frage gestellt. Ni-haltige Legierungen könnten allergenisierend wirken. Auch seien Nickel-Intoxikationen und eine eventuelle Kanzerogenität der Legierungen nicht auszuschließen. Letztendlich werden noch mögliche Gefahren für die Zahntechniker und -ärzte, die die Nicht Edelmetalle verarbeiten, diskutiert.

Der sich hieraus ergebenden möglichen Gesundheitsgefährdung, der Patienten, Zahnärzte und Zahntechniker ausgesetzt sind, wie auch den vorher genannten

technischen Schwierigkeiten, wird sowohl in der folgenden Literaturstudie als auch durch die Untersuchungen zu dieser Arbeit weiter nachgegangen.

L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T

Die Literaturübersicht wurde nach zwei Gesichtspunkten aufgeteilt: Erst werden die biologischen, dann die werkstoffkundlichen Aspekte abgehandelt. Das Korrosionsverhalten der NEM-Legierungen steht als Nahtstelle zwischen diesen beiden Themenkomplexen und nimmt somit eine Zwitterstellung ein. Einerseits können korrosive Vorgänge mit dem Organismus interferieren und somit zu den biologischen Aspekten gezählt werden, andererseits ist die Korrosion auch ein rein metallurgischer und damit werkstoffkundlicher Vorgang, der zur Schädigung des Werkstoffs an sich führen kann.

Biologische Auswirkungen der Ni-Cr-Legierungen können sich auf den Patienten, dem die NEM-Legierung durch den Zahnersatz eingegliedert wird, als auch auf den Personenkreis, der die Ni-Cr-Legierungen verarbeitet, erstrecken. Zu den letztgenannten gehören unter anderem die Zahnärzte und Zahntechniker. MOFFA u.a.m. [17, 19] konnten in einer Studie nachweisen, daß eine Gefährdung der Zahntechniker bei der Verarbeitung von Ni-Cr-Legierungen nicht gegeben ist, wenn vorschriftsmäßig gearbeitet wird. Was hierunter zu verstehen ist, wurde

in Form von Richtlinien bzw. Empfehlungen zusammengestellt und veröffentlicht [38] und umfaßt folgende Punkte:

a) Einwandfrei funktionierende örtliche Absauganlagen an allen Arbeitsplätzen, an denen die Verarbeitung berylliumhaltiger Werkstücke vorgenommen wird.

b) Einwandfreie Ventilation im Bereich der Gießvorrichtungen.

c) Tragen von Staubmasken, wenn keine voll funktionstüchtige Absauganlage verfügbar ist, jedoch nur als provisorische Lösung oder im Fall der Betriebsunterbrechung der Absauganlage.

d) Warnzeichen in den Arbeitsbereichen, in denen berylliumhaltige Legierungen verarbeitet werden.

e) Wöchentliches Wechseln der Schutzkleidung

f) Entfernen des berylliumhaltigen Staubes von der Kleidung mittels Saugmaschinen.

g) Aufklärung der in dem gesamten Arbeitsbereich tätigen Personen über Gefahren und Schutzmöglichkeiten.

h) Regelmäßige Überprüfung der zahntechnischen Laboratorien auf das Einhalten von Arbeitsschutz bestimmungen.

i) Aufnahme der Bestimmungen in einen Katalog systematischer Hygieneanleitung für den Bereich der zahnärztlichen Praxisarbeit und der zahntechnischen Laborarbeit.

Neben den Zahnärzten und Zahntechnikern sind zahlreiche andere Berufe nickelexponiert (siehe Tabelle II). Hierzu zählen insbesondere auch Arbeiter aus der Edelstahlindustrie. H. VOLTZ und A. WUTSCHEL [28] wiesen in einer wissenschaftlichen Arbeit anhand verschiedener Mortalitätsstudien nach, daß Nickel kein Krebsrisiko in diesem Industriezweig darstellt.

Tabelle II

Nickelexponierte Berufe

Juweliere

Färber

Schweißer

Galvanisierer

Glasierer

Arbeiter in Petroleumraffinerien

Arbeiter aus der Nickelgewinnung

Arbeiter in der Nickelverarbeitung

Arbeiter, die mit der Herstellung von:

Magneten

Gasmasken

Keramik

Batterien

Katalysatoren

Zündkerzen

rostfreiem Stahl

beschäftigt sind.

Mehrere Literaturstellen berichten über die biologischen Auswirkungen der NEM-Legierungen auf den Patienten.

So wies D. HERRMANN [11] 1977 darauf hin, daß Allergien durch zahnärztliche Werkstoffe wesentlich seltener sind als allgemein angenommen wird. In einer Literaturstudie führt er aus, daß die Reizschwelle für ein Allergen an der Mundschleimhaut erheblich höher ist, als an der äußeren Haut; so seien für eine allergische Reaktion an der Mundschleimhaut 5-12 fache Konzentrationen erforderlich. Zu diesem Ergebnis hatten vergleichende Haut- Schleimhaut- Tests mit Quecksilber, Chrom und Nickel geführt. Als Erklärung für die verminderte kontaktallergische Reaktionsfreudigkeit der Mundschleimhaut dienten ihre physiologischen Besonderheiten:

mangelnder Fettfilm

Einfluß des Speichelflusses

intensivere Resorptionsbereitschaft der Schleimhaut

schnellerer fermentativer Ab- oder Umbau der Allergene und hämatogener Abtransport.

Die ADA (American Dental Association) [1] rät in ihrem "Association Report - Biological effects of nickel-containing dental alloys" davon ab, Patienten mit Ni-Allergien oder vermuteten Ni-Allergien Nicht Edelmetallarbeiten auf Ni-Basis zu inkorporieren.

S.D. PRYSTOWSKI [22] hat nachgewiesen, daß 9 % der Frauen und 0,9 % der Männer gegen Nickel allergisch sind. Weiter hat er zeigen können, daß Menschen häufiger sensibel gegen Nickel werden, wenn sie dem Kontakt mit Nickel verstärkt ausgesetzt sind. Patienten mit Ohrringen hätten die meisten positiven Allergietests. Es sei anzunehmen, daß das Nickel im Modeschmuck zur Sensibilisierung führe.
Nicht-Edelmetalle können, wie J.P. MOFFA u.a. zeigten [18] bei Allergiepatienten interessanterweise extraorale Hautreaktionen aufflammen lassen, auch ohne daß intraorale Veränderungen sichtbar sind. Diese Symptome bildeten sich nach 1-2 Tagen zurück, wenn die Ni-enthaltenden Legierungen aus der Mundhöhle entfernt würden.
Die ADA [1] weist auf die kanzerogene Gefahr von Nickel nur im Zusammenhang mit der Inhalation von Ni-Staub hin. Es gäbe dagegen keine Experimente, die zeigen könnten, daß Nickel über oralen oder cutanen Weg zur Tumorentstehung führe. Nickelbedingte Karzinome des Respirationstraktes wurden gehäuft bei Arbeitern aus der nickelverarbeitenden Industrie in Wales, Kanada, Norwegen, Sowjetunion, Japan, Frankreich, Deutschland und den USA gefunden.

Die Karzinomrate konnte jedoch effizient durch das Tragen von Gasmasken herabgesenkt werden, was wiederum beweise, daß die Inhalation von Ni-Staub der ausschlaggebende Faktor sei.
Intoxikationen durch gastrointestinale Resorption bei einem Überangebot von Nickel scheinen durch eine nur limitierte Resorptionsfähigkeit vermieden zu werden, was anhand von Tierversuchen demonstriert werden konnte und von A.P. WEHNER und D.K. CRAIG [37] in einer Studie bestätigt worden ist. Nickel könnte sogar ein essentielles Spurenelement sein, wie M. ANKE [2] annimmt. Sogar bei Neugeborenen könne Nickel im Gewebe gefunden werden, wobei seine Konzentration sich im Laufe des Lebens nicht ändere. Nur in der Lunge steige die Ni-Konzentration im Laufe des Lebens.
SCHROEDER, BALASSE und TIPTON [26] zeigten, daß die tägliche Ni-Aufnahme zwischen 300 und 600 ug liegt, wobei die Ni-Konzentration tierischer Produkte gering, aber in Pflanzenkost sehr hoch ist.
Einer amerikanischen Information vom "Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants", 1975, [6] zufolge beträgt alleine die durchschnittliche tägliche Aufnahme über das Trinkwasser 10 ug Nickel,

da sich eine Durchschnittskonzentration aus 969 untersuchten Verbraucherzapfstellen von 4 bis 8 ug/l errechnen ließ. H.A. SCHROEDER und K. MITCHNER [25] fanden 1970 einen Luft-Nickel-Gehalt in den kälteren Monaten, also während der Heizperiode, bis zu 0,02 ug/m^3 D. RITTMANN und SCHMALLENBERG [23] schreiben, daß Nickel auch in der Natur in fossilen Brennstoffen vorkommt, so daß es bei Verbrennungsprozessen an die Atmosphäre abgegeben wird und zu einer Umweltbelastung führt. 1981 veröffentlichte H.M. LANDESMAN, G.G. DE GENNARO und J.T. MARTINOFF [12] eine 18 monatige klinische Studie über edelmetallfreie und edelmetallreduzierte Legierunge Gingivale Irritationen, Zahnsensibilitäten, Abrasionen und Korrosion wurden untersucht. Jedem Patienten, dem eine Testlegierung eingegliedert wurde, wurde ebenfalls eine prothetische Arbeit aus einer erprobten Kontrolllegierung inkorporiert. Die Resultate zeigten keine signifikant statistischen Unterschiede bei der Gingivauntersuchung, Zahnsensibilität und den Abrasionen zwisch den Test- und Kontrollegierungen. Nur bei der Korrosion schnitten die Testlegierungen zum Teil schlechter ab. 1977 führte E.A. SANTUCCI [24] eine klinische Studie über die NEM-Legierung Ceramalloy II durch.

Elf Patienten mit 22 Kronen- und Brückeneinheiten wurden nach 3 Monaten, 6 Monaten und 1 Jahr nachuntersucht. Keine Restauration zeigte Porzellanabsprengungen, okklusale Interferenzen, Sekundärkaries oder Korrosionsanzeichen. Auch waren keine marginalen Gingivaentzündungen auszumachen.

S.J. PILIERO u.a.m. [21] testeten die Biokompatibilität verschiedener Gußlegierungen im Tierversuch. Goldhamstern wurden 2 x 6 mm große Zylinder aus dem jeweiligen Testmaterial auf der einen Seite in die Wangentasche implantiert. Keine der Legierungen zeigte nach einer 14-tägigen Testzeit eine negative histopathologische Reaktion. Die Gewebsveränderungen unterschieden sich in ihrer Art und in ihrem Ausmaß nicht von der Kontrollseite. R.W. PHILIPPS, H.W. GILMORE, G.T. CHARBENEAU, W.B. EAMES, M. JENDRESEN, S.P. RAMFJORD und D.L. ROBERTS [9] berichten über die subcutane Implantation nicht edelmetallhaltiger Testkörper in die abdominale Wand von 24 Ratten. Es wurden keine unterschiedlichen Gewebsreaktionen in einem Zeitraum von 3 Tagen, 1 Woche, 2 Wochen, 4 Wochen, 12 Wochen und 1 Jahr beobachtet.

H. WEBER [36] hat Korrosionstests mit geglühten und ungeglühten Prüfkörpern verschiedener Ni-Cr-Legierungen durchgeführt. Dabei wurden die Prüfkörper in Fusayanna-Speichel eingetaucht, der mit Hilfe von HCl in jedem Versuch auf pH 3,2 eingestellt wurde, um sowohl Plaquezustände als auch Spaltkorrosionsbedingungen zu simulieren. Die Versuche ergaben, daß NP2, Wiron 77 und Ultratek eine Korrosionsresistenz bis zu Spannungsverhältnissen, die im Mund wohl nie erreicht werden, aufweisen.

Für die relativ niedrige Korrosionsresistenz von Ultratek scheint der Berylliumgehalt dieser Legierung verantwortlich zu sein, wie H. WEBER und C. FRAKER [35] anhand einer weiteren Studie im Jahre 1979 haben feststellen können. S. ESPEVIK [7] hat den Einfluß von Chrom auf die Korrosionsresistenz überprüft und dabei herausgefunden, daß bei einer Reduzierung des Cr-Gehaltes unter 16 % Ionen im Speichel nachgewiesen werden können. Auch erwähnt er die korrosionshemmende Wirkung von Molybdän und Mangan in seiner Veröffentlichung.

Diese Wirkung von Molybdän und Mangan hat J.M. MEYER 1977 [15] nachgewiesen, und kann durch in vitro und in vivo Tests, die in Zusammenarbeit von J.M. MEYER, J.M. WIRTHNER, R. BARRAUD, C.P. SUSZ und J.M. NALLY [16]

durchgeführt wurden, bestätigt werden.
K. LUDWIG und J. BEHRENSDORF [13] haben die Berylliumlöslichkeit der Legierung Ultratek getestet, indem sie Testkörper aus dieser Legierung hergestellt haben und diese 14 Tage lang dem Einfluß verschiedener Testreagenzien bei einer Raumtemperatur von 37° C ausgesetzt haben. Anschließend haben sie Beryllium quantitativ nachgewiesen. Dabei stellten sie fest, daß die tatsächlich pro Tag und cm^2 freigesetzten Mengen erheblich unter der Dosis von $3x10^{-3}$g Beryllium liegen. Dieser Wert könnte als tägliche maximale orale Dosis zugelassen werden, wenn man davon ausginge, daß im Magendarmkanal nur etwa 1 % resorbiert werde und eine maximale Arbeitsplatzkonzentration von $2\text{-}10^{-6}g/m^3$ angegeben werde. Ein Sicherheitsabstand von 10^3 zum MAK-Wert bliebe selbst für 1n Salzsäure oder Natronlauge als Testreagenz für eine Metalloberfläche von 1 cm^2. Die hier freigesetzten Berylliummengen lägen in einer Größenordnung, wie sie in Industriegebieten bereits mit der Atemluft aufgenommen würden.
E. MEYER [14] schreibt in einer Veröffentlichung zur Eingliederung verschiedener Metalle in die Mundhöhle, daß Edelmetallegierungen, Silberamalgame und Cr-Co-Mo-

Legierungen sehr ähnliche Korrosionspotentiale haben und somit keine Korrosion aufgrund der fehlenden größeren Potentialdifferenzen auftreten dürfte. Dennoch auftretende elektrochemische Korrosion beruhe auf Verarbeitungsfehlern. MEYER weist des weiteren auf die allergenisierende Wirkung der NE-Metalle hin, vergleicht aber die Forderung, keine Legierungsbestandteile mehr zu verwenden, die allergenisierend wirken können, mit der Unmöglichkeit, auf alle Arzneimittel zu verzichten, von denen allergische Reaktionen bekannt geworden sind. S. NEWMANN, R.T. CHAMBERLAIN und L.J. NUNEZ [20] haben die Löslichkeit des Nickels aus Ni-Cr-Legierungen in sterilisiertem menschlichen Speichel untersucht. Die Prüfkörper aus zwei verschiedenen NEM-Legierungen wurden wie Kronen- und Brückenarbeiten poliert und getrennt in den von 115 Personen gesammelten Speichel gelegt. Der Nickelgehalt des Speichels wurde nach 1, 3, 5 und 7 Tagen bestimmt. Ebenfalls wurde eine Speichelprobe ohne Prüfkörper auf Nickel hin analysiert. Die Ergebnisse zeigten, daß sich aus den Prüfkörpern Nickel signifikant löst. Aber auch in den Leeranalysen befand sich Nickel. SUNDERMANN u.a. [5] fanden im menschlichen Speichel eine durchschnittliche Nickelkonzentration von 0,8 bis 4,5 ug/l.

Neben diesen in vivo Nachuntersuchungen und in vitro Tests zur Korrosion gibt es zahlreiche Versuche zu den physikalisch-mechanischen Eigenschaften der NEM-Legierungen.

Die bei der Verarbeitung der NE-Metalle auftretenden Schwierigkeiten sind darauf zurückzuführen, daß die zahntechnischen Apparaturen, Einbettmassen und anderes mehr auf Goldlegierungen abgestimmt sind, die Ni-Cr-Legierungen aber aufgrund ihrer davon abweichenden Eigenschaften anders behandelt werden müssen. Von daher resultieren manche Mißerfolge sicherlich nicht aus der Unbrauchbarkeit der Legierungen, sondern aus der falschen Verarbeitungsweise.

Versuche zur Vergießbarkeit [30, 31], Temperaturleitfähigkeit [32], Dehnungsstreckgrenze, E-Modul, Bruchdehnung sind schon gemacht worden.

So konnte H. WEBER [32] nachweisen, daß die Wärmeleitfähigkeit der Ni-Cr-Legierungen nur etwa ein Fünftel der Edelmetall- und die Hälfte der Amalgamwärmeleitfähigkeit beträgt.

ZIEL DIESER ARBEIT

Aus der Literaturübersicht ist ersichtlich, daß bei den wissenschaftlichen Untersuchungen, die für eine breitere Einführung von Ni-Cr-Legierungen in die Zahnheilkunde unabdingbare Voraussetzung sind, Versuche zur biologischen Verträglichkeit eine vorrangige Stellung einnehmen. Bei dem hier angesprochenen Problemkreis fehlen insbesondere Nachweise über klinische Langzeiterfahrungen sowie Grundlagenuntersuchungen zum in vivo Korrosionsverhalten von Ni-Cr-Legierungen. Daher soll es Ziel der eigenen Arbeit sein, anhand von klinisch experimentellen Korrosions- Studien über Nickel-, Kobalt- und Berylliumlöslichkeit aus den NEM-Legierungen Ultratek, Wiron 77 und Wironium sowie klinischen Nachuntersuchungen von Ultratek- und Wiron-Arbeiten, die an der Westdeutschen Kieferklinik eingesetzt wurden, einen Beitrag zu dem genannten Themenkomplex zu leisten.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

A: Klinisch experimentelle Korrosionsuntersuchungen

Material und Methode

Für die in vivo Korrosionsuntersuchungen wurden 15 Zahnmedizinstudenten aus den drei verschiedenen NEM-Legierungen:

Wiron	-	Ni-Cr-Legierung
Ultratek	-	Ni-Cr-Legierung
Wironium	-	Co-Cr-Legierung

Aufbißschienen eingegliedert. Die Zusammensetzungen der Legierungen sind der Tabelle III zu entnehmen. Diese Schienen wurden drei Tage durchgehend getragen.

Tabelle III:

Zusammensetzung der drei Legierungen, die in der vorliegenden Arbeit untersucht wurden. Während die Werte für Wiron 77 und Wironium den Angaben des Herstellers entsprechen, basieren die Ultratekwerte auf der Analyse von MOFFA [19]
Die hervorstechenden Merkmale sind das Beryllium für das Ultratek und der hohe Siliziumanteil für Wiron 77.

Legierung	Zusammensetzung (Gewichtsprozent)												
	Ni	Cr	Mo	Al	Fe	Be	Co	Mn	CeLa	B	N	Si	C
Ultratek	Rest	11,4	2,0	2,2	2,0	1,6	0,5	0,02	-	-	-	0,5	-
Wiron	Rest	20,0	6,0	-	0,5	-	0,5	0,1	0,2	0,75	-	3,5	0,0
Wironium	-	28,0	6,0	-	-	-	63,5	-	-	-	R e s t		

Herstellung der Schienen:

Vom Ok und Uk sind Alginatabdrücke und ein Wachsbiß genommen worden. Auf den danach hergestellten doublierten Modellen sind Aufbißschienen aus Wachs modelliert worden und nach den üblichen Methoden des Modellgußverfahrens in Metall umgesetzt worden. Anschließend wurden die Aufbißschienen wie Kronen und Brückenkonstruktionen manuell ausgearbeitet, eingeschliffen und poliert.(siehe Abb. I).

Abb. I

Eingegliederte Aufbißschiene

Speichelanalysen:

Von allen Probanden wurden sowohl vor dem Eingliedern der Aufbißschienen 6 ml Speichel zur Leerwertbestimmung als auch nach einer mehrstündigen bis mehrtägigen Tragezeit unter gleichen Konditionen Speichelproben genommen. Nur bei den Leerproben wurden die 6 ml Speichel auf einmal erbracht. Ansonsten wurden sie über einen Zeitraum von 9 Stunden gesammelt um einen Querschnitt zu erreichen, weil die Zusammensetzung des Speichels individuell sehr verschieden ist und im Verlaufe von 24 Stunden großen Veränderungen unterliegt. Da vor Eingliederung jeder neuen Schiene wieder Speichelproben zur Leerwertbestimmung genommen wurden, standen zunächst 45 Leerwerte zur Verfügung. Die Analyse erfolgte immer am Morgen des nächsten Tages, so daß keine Proben älter als 24 Stunden wurde. Während dieser Zeit setzte sich in den Reagenzgläsern ein Sedimentationsanteil ab, dessen Größe trotz gleich langer Lagerung der Proben individuell verschieden war. Im Durchschnitt betrug er etwa 25 % des Gesamtspeichels (siehe Abb. II).

Abb. II

Speichelproben direkt nach dem Spenden

Speichelproben nach mehrstündiger Lagerung

Bei den Proben 1 - 180 wurde der Überstand abpipettiert und analysiert. Aufgrund der großen Streuung der Analysenwerte wurde bei den Proben 61 - 90 und 121 - 150 auch Speichel aus dem Sedimentationsanteil untersucht.
Die präanalytischen Vorbereitungen der Speichelproben sowie die Analyse selbst erfolgten in einem staubfreien Labor des Düsseldorfer Max-Planck-Institutes:
2 ml Speichel wurden in einem 5 ml Platintiegel im Trockenschrank bei 100° C eingeengt, dann wurde mit 2 ml Salpetersäure (suprapur) abgeraucht, der Rückstand 2 Stunden bei 650° C verascht, 2 ml konzentrierte Salpetersäure zugefügt, nach Abrauchen der Salpetersäure wurde mit 2 ml einer 1 %-igen Salpetersäure aufgenommen, in den so erhaltenen Lösungen wurde Nickel, Kobalt und Beryllium durch elektrothermale AAS ermittelt. Der Rest der Speichelproben wurde für eventuelle Parallelanalysen verwendet.
Die Nachweisgrenzen lagen bei:

3 ng Nickel /ml Speichel
1 ng Kobalt /ml Speichel
0,1 ng Beryllium/ml Speichel

Die Meßbedingungen können der Tabelle IV entnommen werden.

T A B E L L E IV

Meßbedingungen:

Gerät:	430 Perkin Elmer, HGA 76 B Nickel 232,0 nm, 0,2 nm spektrale Bandbreite Normalrohr, Deuteriumkompensator, Einspritzmenge 50 nl, Automatische Probeeingabe
Trocknen:	20 sec. 150° C, Thermische Vorbehandlung: 20 sec. 1200° C
Atomisieren:	5 sec. 2700° C, Mini-Flow
	Beryllium 234,9 nm, 0,7 nm spektrale Bandbreite Normalrohr, Deuteriumkompensator, Einspritzmenge 50 nl, Automatische Probeneingabe
Trocknen:	20 sec. 150° C, Thermische Vorbehandlung: 20 sec. 1000° C
Atomisieren:	5 sec. 2700° C, Mini-Flow
	Kobalt 240,7 nm, 0,2 nm spektrale Bandbreite Normalrohr, Deuteriumkompensator, Einspritzmenge 50 nl, Automatische Probeneingabe
Trocknen:	20 sec. 150° C, Thermische Vorbehandlung: 20 sec. 1000° C
Atomisieren:	5 sec. 2600° C, Mini-Flow

Um eine Adsorption der Metallionen an die Glaswände der Reagenzgläser mit Sicherheit negieren zu können, wurden noch folgende Versuche gemacht:

10 ml Speichel wurden in ein Probeglas pipettiert, mit je 200 ng Be, Co und Ni als Chloride dotiert, 30 Sekunden geschüttelt und sofort sowie nach den angegebenen Zeiten Proben genommen, die auf die oben genannten Elemente hin analysiert wurden. Vor jeder Probenahme wurde 30 Sekunden geschüttelt.

Ergebnisse in ng/ml

	Ni	Co	Be
0 h	23	20,4	23,2
24 h	22,5	19,6	22,6
60 h	24	20,8	22,4
84 h	22	20,2	22

Da während der 84-stündigen Meßzeit die im Speichel analysierten Ni-, Co- und Be-Konzentrationen nicht abnahmen, ist eine Adsorption an den Glaswänden der Reagenzgläser mit Sicherheit auszuschließen.

E R G E B N I S S E

Zuerst wurden die Ultratekschienen eingesetzt. Die einzelnen Analysenwerte sind der Tabelle V zu entnehmen. Die Speichelproben, die vor Einsetzen der Schienen genommen worden sind, zeigen einen deutlichen Nickelgehalt, der von<3 ng/ml bis zu 13 ng/ml reicht. Der Berylliumgehalt ist nur verschwindend gering. Er beträgt bis auf eine Ausnahme weniger als 0,1 ng/ml und liegt somit unter unserer Nachweisgrenze. Nur bei einem Probanden konnte eine Berylliummenge von 0,2 ng/ml gefunden werden. Nach dem ersten Tag ist ein deutlicher Anstieg der Ni- und Be- Werte festzustellen. Der Berylliumgehalt ist jetzt nur noch bei zwei Probanden kleiner als 0,1 ng/ml. Der höchste Be-Gehalt beträgt 1 ng/ml. Der Ni-Gehalt schwankt jetzt zwischen<3 ng/ml und 20 ng/ml. Am 2. Tag sind sowohl die gelösten Nickel- als auch Berylliummengen zum Teil weiter gestiegen, zum Teil aber auch wieder gefallen. Der niedrigste Be-Gehalt liegt noch immer unter der Nachweisgrenze, der höchste Gehalt liegt bei 1,4 ng/ml. Der höchste Ni-Wert beträgt jetzt 32 ng/ml, der kleinste Wert ist aber bei < 3 ng/ml. Neun Nickel-und sieben

Beryllium-Werte sind vom 1. Tag zum 2. Tag gestiegen, sechs Nickel-und drei Beryllium-Werte sind gefallen, fünf Berylliumkonzentrationen sind konstant geblieben. Am 3. Tag reduzieren sich die in Lösung gegangenen Be- und Ni- Substanzen bei den meisten Probanden wieder. Die Werte schwanken bei Beryllium zwischen < 0,1 ng/ml und 1 ng/ml, bei Nickel zwischen < 3 ng/ml und 21 ng/ml.
Es ist während der dreitägigen Tragezeit der Ultratekschienen zwar ein erhöhter Be- und Ni-Gehalt im Speichel nachzuweisen, die gelöste Menge zeigt aber keine eindeutige Tendenz, sich im Laufe der drei Tage zu erhöhen.

T A B E L L E V

Legierung: Ultratek
Tragezeit der Schiene: 3 Tage
Die obere Zahl in jedem Fach kennzeichnet die Speichelproben.
Die zweite Reihe des Faches gibt die Speichel-analysenwerte in der Reihenfolge Beryllium, Nickel an.

Proband	Leerwert	1. Tag	2. Tag	3. Tag
A	1 < 0,1 4	16 0,2 19	31 0,6 15	46 < 0,1 5
B	2 < 0,1 < 3	17 0,7 8	32 0,1 25	47 0,1 3
C	3 0,2 3	18 0,2 19	33 0,2 16	48 0,2 4
D	4 < 0,1 < 3	19 1 20	34 1,4 22	49 1 21
E	5 < 0,1 13	20 0,1 10	35 0,3 14	50 0,1 14
F	6 < 0,1 6	21 0,7 13	36 0,1 22	51 < 0,1 10
G	7 < 0,1 13	22 0,3 < 3	37 0,5 22	52 < 0,1 4
H	8 < 0,1 13	23 0,2 7	38 0,2 8	53 0,2 9
I	9 < 0,1 5	24 0,2 4	39 0,5 32	54 0,1 4
J	10 < 0,1 4	25 0,5 13	40 0,2 6	55 < 0,1 4
K	11 < 0,1 4	26 0,1 10	41 0,2 3	56 0,8 8
L	12 < 0,1 4	27 < 0,1 5	42 < 0,1 4	57 < 0,1 3
M	13 < 0,1 11	28 0,2 4	43 0,2 24	58 0,2 6
N	14 < 0,1 3	29 < 0,1 3	44 0,1 < 3	59 < 0,1 < 3
O	15 < 0,1 5	30 0,2 6	45 0,2 8	60 0,4 14

Die Wironschiene wurde erst einige Tage nach der letzten Messung zur Ultratekschiene eingesetzt. So konnte verhindert werden, daß die neuen Analysenwerte durch noch von der letzten Schiene stammenden Metallionen verfälscht wurden. Die einzelnen Ergebnisse sind der Tabelle VI zu entnehmen. Der im Leerspeichel gefundene Nickelgehalt schwankt diesmal zwischen <3 ng/ml und 6 ng/ml. Der Höchstwert ist also um etwa die Hälfte kleiner als der entsprechende Höchstwert bei der Ultratekschiene.
Sieht man von diesen Höchstwerten aber einmal ab, so liegen die entsprechenden Werte weitgehend in der gleichen Größenordnung.
Nach dem ersten Tag sind die Ni-Werte in acht Fällen erhöht. Bei sieben Probanden ist diese Erhöhung aber nur sehr gering, um 1,2 oder maximal 3 ng/ml. Nur ein Ni-Wert steigt von 5 ng/ml im Leerspeichel auf 36 ng/ml nach dem 1. Tag. Bei vier Probanden ändert sich der Ni-Gehalt zwischen der Leerprobe und dem 1. Tag überhaupt nicht. In drei Fällen sinkt der Ni-Gehalt sogar. Am 2. Tag liegt der Ni-Höchstwert bei 8 ng/ml und ist somit deutlich niedriger als das Maximum vom vorherigen Tag. Die Analysenwerte haben sich alle zwischen <3 ng/ml und 8 ng/ml eingestellt.

Hieran ändert sich auch am 3. Tag nicht viel. Zwei Werte sind über 10 ng/ml gestiegen, wobei der Höchstwert bei 16 ng/ml liegt. Das Minimum ist geblieben. So ist auch bei der Wironschiene eine Ni-Löslichkeit gefunden worden, die aber, verglichen mit der Ultratekschiene, geringer ist. Eine progressive Tendenz zeichnet sich in dieser Korrosionsanalyse auch nicht ab.

T A B E L L E VI

Legierung: Wiron 77
Tragezeit der Schiene: 3 Tage
Die obere Zahl in jedem Fach kennzeichnet die Speichelproben.
In der zweiten Reihe steht der Speichelanalysenwert von Nickel.

Proband	Leerwert	1. Tag	2. Tag	3. Tag
A	61 4	76 4	91 5	106 L
B	62 <3	77 4	92 <3	107 <3
C	63 <3	78 3	93 5	108 3
D	64 3	79 3	94 <3	109 L
E	65 3	80 6	95 <3	110 <3
F	66 6	81 7	96 6	111 1
G	67 5	82 <3	97 4	112 5
H	68 3	83 <3	98 <3	113 <3
I	69 4	84 4	99 4	114 16
J	70 5	85 <3	100 7	115 5
K	71 <3	86 <3	101 7	116 <3
L	72 <3	87 3	102 <3	117 <3
M	73 3	88 7	103 6	118 <3
N	74 <3	89 4	104 8	119 L
O	75 5	90 36	105 4	120 10

Bei der Wironiumschiene, einer Co-Cr-Legierung, wurde der Speichel auf Co-Ionen hin untersucht. Die Leerwerte lagen alle unter unserer Nachweisgrenze.
Die einzelnen Analysenergebnisse können der Tabelle VII entnommen werden.
Am Ende des 1. Tages hat sich bis zu 98 ng/ml Kobalt gelöst, wobei die 98 ng/ml einen sehr stark exponierten Wert darstellen. Der nächst kleinere Wert liegt bei 17,4 ng/ml und der Rest liegt unter 10 ng/ml.
Am 2. Tag ist der Co-Gehalt von vier Proben geringfügig erhöht, bei sieben Proben ist er wieder erniedrigt und bei den restlichen Proben ist er konstant geblieben.
Am 3. Tag sind die Werte zum Teil weiter gesunken zum Teil aber auch gestiegen; eine eindeutige Tendenz ist wieder nicht auszumachen. Der mit Abstand höchste Wert liegt bei 12,2 ng/ml, gefolgt von 5,1 ng/ml. Viele Werte liegen weiterhin bei < 1 ng/ml und somit unter der Nachweisgrenze. Ein Gang in den Analysenwerten während der drei Tage liegt wie bei den anderen Legierungen nicht vor.

T A B E L L E VII

Legierung: Wironium
Tragezeit der Schiene: 3 Tage
Die obere Zahl in jedem Fach kennzeichnet die Speichelproben.
In der zweiten Reihe steht der Speichelanalysenwert von Kobalt.

Proband	Leerwert	1. Tag	2. Tag	3. Tag
A	121 <1	136 3	151 3,5	166 <1
B	122 <1	137 <1	152 <1	167 <1
C	123 <1	138 2,6	153 2,7	168 5,1
D	124 <1	139 <1	154 2,4	169 <1
E	125 <1	140 <1	155 2,6	170 <1
F	126 <1	141 1,7	156 <1	171 2,2
G	127 <1	142 <1	157 <1	172 <1
H	128 <1	143 98	158 2,4	173 <1
I	129 <1	144 2	159 <1	174 2,6
J	130 <1	145 <1	160 <1	175 1
K	131 <1	146 4,6	161 <1	176 2,4
L	132 <1	147 8,9	162 <1	177 2
M	133 <1	148 2,4	163 1,6	178 3,6
N	134 <1	149 <1	164 <1	179 <1
O	135 <1	150 17,4	165 3	180 12,2

Bei allen den bis jetzt beschriebenen Analysen ist nur der Gehalt der jeweiligen Metalle in reinem Speichel bestimmt worden. Der Sedimentationsanteil blieb bei den Auswertungen unberücksichtigt, da nur oberhalb desselben Flüssigkeit abpipettiert wurde. Stichproben aus den Sedimentationsanteilen ergaben stark abweichende Werte, so daß die Bestimmung der Ni-, Co- und Be-Gehalte aus dem Sedimentationsanteil der Proben vom 1. Tag und des Leerwertes von den Wiron- und Wironium-Schienen zusätzlich erfolgte (Tab. VIII).

Bei der Wironschiene ergibt sich folgendes Bild:
Der Ni-Gehalt im Sedimentationsanteil des Leerwertes ist mindestens um das etwa Eineinhalbfache, von 5 ng/ml im reinen Speichel auf 8 ng/ml, erhöht. Die größte Diskrepanz beträgt 5 ng/ml zu 1000 ng/ml, d.h. eine Steigerung um den Faktor 200. Nach dem 1. Tag liegt der niedrigste Wert bei 17 ng/ml. Der entsprechende Wert des reinen Speichels beträgt 7 ng/ml. Der größte Wert von 1125 ng/ml entspricht im reinen Speichel nur einer Konzentration von <3 ng/ml.

Auch wurde der Sedimentationsanteil auf Kobalt und Beryllium untersucht. Beryllium ist in der Legierung nach den Angaben des Herstellers gar nicht und Kobalt

nur in äußerst geringen Maßen enthalten (s. Tabelle III) Die analysierten Be-Werte liegen zwischen 0,1 ng/ml und 5 ng/ml im Leerspeichel. Nach dem ersten Tag werden Werte bis zu 7,2 ng/ml gefunden.
Der Co-Gehalt liegt in den Leerproben zwischen der Nachweisgrenze und 124 ng/ml. Nach dem 1. Tag werden bis zu 380 ng/ml nachgewiesen.
Obwohl die Höchstwerte nach dem Einsetzen der Schienen jeweils höher liegen, kann anhand der anderen Analysenwerte des Sedimentationsanteils weder eine Tendenz zur Erhöhung noch zur Reduktion des Be- und Co-Gehaltes festgestellt werden.
Analog wurden die Proben der Wironiumschienen auf Nickel, Beryllium und Kobalt hin untersucht. Auch hier haben wir Beryllium im Sedimentationsanteil gefunden. Der Gehalt beträgt im Durchschnitt etwas weniger als bei der Wironschiene. Der Ni-Anteil liegt verständlicherweise wesentlich tiefer als beim Wiron, da im Wironium kein Nickel enthalten ist. Dennoch sind am 1. Tag Werte bis 92 ng/ml gemessen worden.
Die Kobaltkonzentrationen steigen nach dem 1. Tag signifikant an. Sie erreichen eine Größe bis zu 3400 ng/ml. Die einzelnen Werte der Sedimentationsanalyse können in der Tabelle VIII nachgelesen werden.

T A B E L L E VIII

Die obere Zahl in jedem Fach kennzeichnet die Speichelproben.
Die zweite Reihe des Faches gibt die Sedimentationsanalysenwerte in der Reihenfolge Beryllium, Kobalt, Nickel an.

Proband	Wiron 77		Wironium	
	Leerwert	1. Tag	Leerwert	1. Tag
A	61 0,2/124/425	76 7,2/ 25/250	121 0,2/ 2,2/ 11	136 <0,1/455/ 92
B	62 0,1/ 1/ 34	77 <0,1/<0,1/950	122 <0,1/ <1/ 3	137 <0,1/3,3/ <3
C	63 <0,1/ 27/100	78 4,8/114/230	123 <0,1/ <1/ 4	138 <0,1/165/ 14
D	64 0,2/1,9/ 36	79 0,1/<0,1/ 29	124 <0,1/ <1/ 8	139 <0,1/ 8/ 7
E	65 <0,1/3,9/ 50	80 0,1/ 54/625	125 0,6/ <1/ 13	140 <0,1/ 18/ 7
F	66 0,2/1,3/ 28	81 0,1/ < 1/ 17	126 0,1/ <1/ 11	141 <0,1/3,5/ 8
G	67 0,6/5,6/1000	82 <0,1/<0,1/39	127 0,7/21,5/ 35	142 <0,1/750/ 63
H	68 0,2/2,8/130	83	128 <0,1/ <1/ 8	143 <0,1/590/ 52
I	69 <0,1/2,4/ 30	84 4,2/ 11/400	129 0,1/ <1/ 13	144 <0,1/132/ 15
J	70 0,6/164/190	85 4,3/14 /1125	130 <0,1/ 12/ 6	145 0,2/ 2/ 5
K	71 <0,1/ <1/ 8	86 4,4/ 15/475	131 <0,1/4,2/ 20	146 <0,1/128/ 11
L	72	87	132 <0,1/ <1/ 5	147 <0,1/3400/32
M	73 0,2/ 23/ 44	88 <0,1/380/400	133 <0,1/ 1/ 6	148 <0,1/ 23/ 5
N	74 5/ 14/125	89 3,2/ 13/350	134 0,1 <1/ 9	149 0,1 12/ 7
O	75 <0,1/ <1/ 8	90 0,2/ 25/400	135 <0,1/ <1/ 6	150 <0,1/175/ 17

Durch die vorliegende Problematik, daß die Sedimentationsanalysen (Tab. VIII) gravierend von den Speichelanalysen (Tab. V, VI, VII) abweichen, wurden die Analysen mit neuen Proben unter modifizierten Bedingungen wiederholt.

Die Speichelgaben erfolgten unter gleichen Konditionen wie oben beschrieben. Vor der Analyse wurden die Proben 30 sec. lang manuell geschüttelt, alsdann ist sofort pipettiert worden. Da sich zuvor während der dreitägigen Tragezeit keine Tendenz zur Kumulation abzeichnete, ließen wir die Schienen bei der Wiederholung nur einen Tag tragen. Vor dem Einsetzen wurde wieder eine Leerprobe genommen und die Schienen im Ultraschall sorgfältig gereinigt, um einer Verfälschung der Analysenwerte durch Verunreinigung der Schienen oder durch gelöste Metallpartikel entgegenzuwirken.

Die Reihenfolge der Schienen blieb die gleiche: Ultratek Wiron und dann Wironium. Die Ergebnisse der auf Beryllium, Kobalt und Nickel hin untersuchten Proben sind in Tab. IX aufgeführt. Bei der Ultratekschiene liegen die Be- und Ni-Werte der Leerprobe etwa in der gleichen Größenordnung wie bei der ersten Analyse (Tab. V). Die Minimalwerte bleiben unter der Nachweisgrenze, d.h. bei Beryllium $< 0{,}1$ ng/ml, beim Nickel

< 3 ng/ml. Der Maximalwert beim Beryllium liegt mit 0,2 ng/ml genauso hoch wie zuvor. Der Höchstwert beträgt mit 23 ng/ml mehr als bei der ersten Analyse. Kobalt ist zwischen der Nachweisgrenze und 10 ng/ml gefunden worden. Nach der Tragezeit der Schienen ist der Ni- und Be-Gehalt eindeutig höher als ohne Schienen, der Kobalt-Gehalt eher erniedrigt als erhöht. Der Co-Höchstwert liegt nur noch bei 3,2 ng/ml. Der Be-Gehalt liegt zwischen 0,5 ng/ml und 4 ng/ml, die Ni-Konzentration zwischen 7 ng/ml und 73 ng/ml. Verglichen mit den Erstmessungen ist das eindeutig höher.

Die Proben der Wironschiene zeigen beim zweiten Analysengang Ni-Werte im Leerspeichel von < 3 ng/ml bis zu 110 ng/ml. Dabei ist dieser letzte Wert ein extrem herausfallender Wert. Der nächst höchste Ni-Gehalt beträgt nur noch 13 ng/ml. Abgesehen von diesem einen exponierten Wert sind die übrigen Ni-Mengen durchschnittlich etwas erhöht verglichen mit der reinen Speichelanalyse der Wironschiene (Tab. XI). Die Werte des Sedimentationsanteils werden aber bei weitem nicht erreicht. Dieses Verhältnis wird auch nach dem ersten Tag gewahrt. Wieder fällt ein Wert mit 280 ng/ml aus dem Gesamtbild heraus. Diese Speichelprobe stammt von demselben Probanden, dessen Leerspeichel einen Ni-Gehalt

von 110 ng/ml aufgewiesen hat. Reduziert man die 280 ng/ml um den hohen Ausgangswert, so bleibt nur noch ein Rest von 170 ng/ml. Diese Ni-Konzentration übersteigt bei weitem den Höchstgehalt der ersten reinen Speichelanalyse von 36 ng/ml (Tab. XI), bedenkt man aber die hohen Werte des Sedimentationsanteils, so liegt man mit 170 ng/ml noch recht niedrig. Die übrigen Analysenergebnisse zeigen einen nach wie vor stark variierenden Ni-Gehalt von < 3 ng/ml bis 112 ng/ml.

Der Be-Gehalt beträgt bei allen Proben der Wironschiene mit einer Ausnahme < 0,1 ng/ml. Der herausfallende Wert liegt bei 1,1 ng/ml. Der Co-Gehalt zeigt zwischen Leerprobe und 1. Tag keine signifikanten Unterschiede. Er liegt fast immer unter 1 ng/ml. Zwei Werte fallen aus dieser Kontinuität mit 60 ng/ml und 35 ng/ml heraus. Auch bei der Speichelanalyse zur Co-Cr-Legierung (Wironium) ist ein Anstieg der Co-Werte im Vergleich zum ersten Analysengang (Tab. VII) festzustellen.

Die Co-Mengen im Leerspeichel liegen zum großen Teil bei 1 ng/ml, erreichen aber auch Werte bis 3,8 ng/ml. Bei der ersten Analyse (Tab. VII) lagen die Leerwerte alle < 1 ng/ml. Nach dem ersten Tag bleibt der Co-Gehalt nur bei zwei Probanden unter 1 ng/ml. Bei den übrigen

Probanden steigt er bis zum Maximalwert von 37 ng/ml an. Die Berylliumwerte sind wie auch bei der Sedimentationsanalyse (Tab. VIII) verschwindend gering. Sie liegen konstant bei 0,1 ng/ml oder sogar darunter. Der Ni-Gehalt der Proben zeigt keinen Unterschied zwischen Leerspeichel und 1. Tag. Er beträgt zwischen <3 ng/ml und maximal 22 ng/ml. Er entspricht damit weitgehend den Leerwerten, die auch bei Ultratek- und Wironschienen gemessen wurden (siehe Tab. IX).

T A B E L L E IX

Die obere Zahl in jedem Fach kennzeichnet die Speichelproben.
Die zweite Reihe des Faches gibt die Speichelanalysenwerte in der Reihenfolge Beryllium, Kobalt, Nickel an.
Die Ergebnisse ergaben sich nach 30 sec. langem Schütteln der Probe und sofortiger Analyse.

banden	Ultratek 1 Tag		Wiron 1 Tag		Wironium 1 Tag	
	Leerwert	1. Tag	Leerwert	1. Tag	Leerwert	1. Tag
	181 <0,1 | 1,6 | 9	196 4 | <1 | 30	211 <0,1 | 9,5 | 110	226 <0,1 | 1,8 | 280	241 0,1 | 3,8 | 19	256 <0,1 | 30 | 11
	182 0,2 | <1 | <3	197 0,5 | <1 | 7	212 <0,1 | <1 | <3	227 <0,1 | <1 | 3	242 <0,1 | <1 | 3	257 0,1 | 3,7 | 3
	183 <0,1 | 10 | 7	198 2,4 | <1 | 25	213 <0,1 | <1 | 4	228 <0,1 | 35 | 112	243 0,1 | <1 | 4	258 <0,1 | 13,2 | 6
	184 <0,1 | <1 | <3	199 2,7 | <1 | 57	214 <0,1 | <1 | 9	229 <0,1 | <1 | 11	244 <0,1 | <1 | 5	259 <0,1 | 1,9 | 4
	185 <0,1 | <1 | <3	200 1,1 | <1 | 25	215 <0,1 | <1 | <3	230 <0,1 | <1 | 19	245 0,1 | <1 | 4	260 <0,1 | 4 | 8
	186 <0,1 | <1 | 14	201 2,6 | 2,3 | 73	216 <0,1 | <1 | 3	231 <0,1 | <1 | 7	246 <0,1 | <1 | 5	261 0,1 | 2 | 5
	187 <0,1 | 4,3 | 8	202 0,6 | <1 | 14	217 <0,1 | 60 | 13	232 <0,1 | <1 | 3	247 0,1 | <1 | 3	262 <0,1 | <1 | <3
	188 <0,1 | 1 | 4	203 1,1 | <1 | 12	218 <0,1 | <1 | <3	233 <0,1 | <1 | 11	248 <0,1 | 3,7 | 5	263 0,1 | 16,8 | 27
	189 <0,1 | 2,6 | 23	204 1,5 | <1 | 38	219 <0,1 | 2 | 9	234 <0,1 | 7,6 | 90	249 0,1 | 2,4 | 22	264 <0,1 | 37 | 10
	190 0,2 | 1,5 | 9	205 2,1 | 1,3 | 66	220 <0,1 | <1 | <3	235 <0,1 | <1 | 9	250 <0,1 | 1 | 7	265 <0,1 | 22,5 | 6
	191 <0,1 | <1 | 4	206 2,5 | <1 | 26	221 <0,1 | <1 | <3	236 <0,1 | <1 | 5	251 0,1 | 2,2 | 6	266 <0,1 | 6,3 | 6
	192 <0,1 | <1 | 4	207 0,5 | <1 | 10	222 <0,1 | <1 | <3	237 <0,1 | <1 | <3	252 <0,1 | <1 | 6	267 <0,1 | <1 | 5
	193 <0,1 | <1 | 7	208 0,6 | <1 | 16	223 <0,1 | 1 | <3	238 <0,1 | <1 | 8	253 <0,1 | 2,7 | 8	268 0,1 | 13,6 | 6
	194 <0,1 | <1 | 4	209 1 | 3,2 | 45	224 <0,1 | <1 | <3	239 <0,1 | <1 | 16	254 <0,1 | 1 | 4	269 <0,1 | 11,4 | 9
	195 <0,1 | <1 | 5	210 2,2 | <1 | 32	225 <0,1 | <1 | 4	240 1,1 | <1 | 37	255 <0,1 | 2,9 | 8	270 0,1 | 24 | 6

D I S K U S S I O N

Um zu untersuchen, inwieweit Nicht-Edelmetallegierunge
auf Ni-Cr-Basis und Co-Cr-Basis in vivo korrodieren [27]
sind 15 freiwillige Probanden zwei Aufbißschienen aus
einer Ni-Cr-Legierung und eine Aufbißschiene aus einer
Co-Cr-Legierung eingegliedert worden. Als Ni-Cr-Legie-
rung wurde Ultratek und Wiron ausgewählt. Diese beiden
Legierungen sind in der Westdeutschen Kieferklinik sch
häufig für festsitzenden, metallkeramischen Zahnersatz
gebraucht worden. Die Zusammensetzung der Legierungen
sind der Tabelle III zu entnehmen. Hier sei nur noch
einmal darauf hingewiesen, daß Ultratek Beryllium
enthält, Wiron eine berylliumfreie Legierung ist.
Als Vertreter der Co-Cr-Legierungen wurde Wironium aus-
gewählt. Wironium wird seit vielen Jahren zur Herstell
von Modellgußgerüsten bei der partiellen Prothetik ver-
wendet. Die Brauchbarkeit dieser Legierung ist rein
empirisch bewiesen. Versuche zur Korrosion in vivo sin
nicht gemacht worden. Somit stellt die Wironiumschiene
eine als mundbeständig ständig benützte Kontrollegieru
in unseren Versuchsreihen dar.
Während der experimentellen Arbeit stellte sich heraus
daß sich nach mehrstündigem Stehenlassen der Speichel-

proben ein Bodensatz absetzte. Bezüglich dieses Sedimentationsanteils bzw. bezüglich seiner Zusammensetzung findet sich in der Literatur kein näherer Hinweis.

Die gemessenen Be-, Co- und Ni- Konzentrationen, die sich im Bodensatz und die sich im reinen Speichel befanden, differierten sehr stark. Es wäre durchaus denkbar, daß durch das Einschleifen der Schienen oder durch Abrasion beim Kauen Metallpartikel in den Speichel gelangt sind. Da die Speichelproben 24 Stunden gelagert worden sind, müßten eventuelle Partikel durch die Schwerkraft absinken und sich im Bodensatz befinden. Solche Metallbestandteile potenzieren die Analysenwerte, so daß nicht unbedingt korrosive Vorgänge für die hohen Ni-, Co-, und Be- Werte der Sedimentationsanalyse (Tab. VIII) verantwortlich sein mußten.

Auch besteht die Möglichkeit, daß die Metallionen an organischen Bestandteilen z.B. Proteinen adsorbiert werden. Diese Proteine könnten zur Sedimentation beitragen und so den hohen NEM-Gehalt des Bodensatzes bewirken. Eine komplexe Bindung mit den Proteinen ist wegen der Seltenheit solch hoch löslicher Komplexe unwahrscheinlich, aber nicht mit Sicherheit auszuschließen.

Durch oben angeführte Problematik sahen wir uns ge-

zwungen, die Analysen in etwas modifizierter Form zu wiederholen. Ein Anstieg der in Lösung gegangenen Ionen während der dreitägigen Messung konnte nicht beobachtet werden. Daher haben wir bei der Wiederholung der Versuche auf eine mehrtägige Probennahme verzichtet. Die Aufbißschienen wurden jetzt nur noch einen Tag getragen, wobei morgens vor der Eingliederung, mittags und abends vor der Herausnahme der Schienen Speichelproben genommen wurden. Der höchste Ni-Gehalt nach der eintägigen Tragezeit beträgt bei der Ultratek-Schiene 73 ng/ml Speichel, bei der Wironschiene 280 ng/ml und bei der Wironiumschiene 21 ng/ml. Verglichen mit den von NEWMAN, CHAMBERLAIN und NUNEZ [20] gemessenen Ni-Konzentrationen liegen unsere analysierten Ni-Werte niedriger. NEWMAN und seine Mitarbeiter haben die NEM-Legierungen Biobond und Unibond sieben Tage lang in vitro in menschlichen Speichel gelegt und dann die gelöste Ni-Menge bestimmt. Sie erhielten im Gegensatz zu unseren Messungen eine mit der Zeit anwachsende Ni-Konzentration. Hierzu muß aber bemerkt werden, daß es bei NEWMAN zwangsläufig zu einer Kumulation kommen mußte, da seine Elektrolytenlösung während der sieben Tage ja nicht ausgewechselt wurde. Bei eventueller gleichbleibender Korrosion, d.h. gleich großer in Lösung gehender Ionenmenge pro Tag, müßte

sich der Ni-Gehalt täglich um den gleichen Betrag vergrößert haben. Dieses Verhältnis wird in seiner Versuchsdurchführung aber nicht gewahrt. Nach einem Tag befand sich bei "Biobond" 1,5 ug Nickel in 1 ml Speichel, bei "Unibond" analysierte man sogar 2 ug/ml. Unser höchster Ni-Gehalt betrug 0,28 ug/ml und dieser Wert fällt zudem noch stark heraus. Die übrigen Konzentrationen liegen zum größten Teil noch um eine Zehnerpotenz niedriger, so daß sich im großen und ganzen der Faktor 100 zwischen unseren Werten und denen von NEWMAN befindet.

LUDWIG und BERENSDORF [13] untersuchten in vitro die Berylliumlöslichkeit aus Ultratek unter dem Einfluß von jeweils 100 ml verschiedener Testreagenzien bei einer Temperatur von 37° C.

In 1n HCl-Lösung fand er eine Be-Konzentration von 23 ng/ml, Tag und cm^2 Oberfläche der Prüfkörper. Im Speichel analysierte er nur 0,09 ng/ml, Tag und cm^2. Geht man von einer durchschnittlichen Oberfläche von 20 cm^2 bei einer Aufbißschiene aus, so ergibt sich ein maximaler Be-Gehalt von 0,200 ng/ml, Tag und cm^2 Oberfläche bei unseren Messungen nach dem Tragen der Ultratekschiene. Da es sich hierbei um einen Maximalwert handelt, und unser Minimalwert bei 0,025 ng/ml Tag und cm^2 liegt, dürfte sich größtenteils die Größenordnung

der Analysenwerte von LUDWIG/BERENSDORF und von uns decken.

Die Be-Konzentrationen im Speichel nach eintägiger Inkorporation der Wiron- bzw. Wironiumschienen sind alle signifikant geringer. Die unwesentlichen Unterschiede der Be-Werte im Leerspeichel und nach dem Tragen dieser Schienen können nicht auf die Legierungen zurückgeführt werden, da diese überhaupt kein Beryllium enthalten.

Die Be-Konzentrationen sind auch im Leerspeichel zum Teil über unserer Nachweisgrenze. Der maximale Be-Gehalt bei den Messungen zur Wiron- bzw. Wironiumlegierung liegt bei 1,1 ng/ml. Das entspricht einer Größenordnung, die vollkommen in die Reihe der Be-Werte, die nach dem Tragen der Ultratek-Schiene gemessen worden sind, hineinpaßt. Man kann also aus den vorliegenden Resultaten schließen, daß die Be-Mengen, die aus der Legierung Ultratek in Lösung gehen, in einer Dimension liegen, die auch mit der Nahrung oder durch andere Umstände zu sich genommen werden kann.

Auch Nickel befindet sich im Leerspeichel. Der Studie von NEWMAN, CHAMBERLAIN und NUNEZ [20] nach liegt der Ni-Gehalt im menschlichen Speichel bei 9 bis 15 ng/ml. SUNDERMAN und MACINTOSH [5] fanden 0,8 bis 4,5 ng Nickel

pro ml Speichel. Unsere eigenen Analysenwerte liegen fast alle unter 10 ng/ml und können damit die Größenordnung der anderen Autoren bestätigen. Allerdings haben wir vereinzelt auch wesentlich höhere Konzentrationen gemessen, die bis zu 110 ng/ml ansteigen. Ein Analysefehler ist ausgeschlossen, da diese exponierten Werte alle durch Parallelanalysen bestätigt worden sind. 110 ng Nickel/ml Leerspeichel werden nur von zwei Konzentrationen, die nach dem Tragen der nickelhaltigen Legierungen Ultratek und Wiron gemessen worden sind, übertroffen. Ansonsten liegt dieser als physiologisch anzusehende Wert weitaus höher.
Auch noch andere Leerwerte sind größer als die niedrigen Ni-Konzentrationen nach der Inkorporation der Schienen. Der Ni-Gehalt im Speichel steigt zwar individuell bei den einzelnen Probanden nach dem Eingliedern der Ni-haltigen Schienen an, das heißt aber noch lange nicht, wie gezeigt, daß beim Vergleich verschiedener Probanden miteinander die Leerwerte alle niedriger sind als die späteren Analysenwerte.
Bei der Wironiumschiene übt die Legierung keinen Einfluß auf den Ni-Gehalt aus. Alle Ni-Konzentrationen bewegen sich in der Größenordnung der Leerwerte.
Diese zum Teil hohen Ni-Konzentrationen ohne vorherige

Eingliederung einer Ni-haltigen Legierung entstehen durch die Umweltbelastung und Nahrungsaufnahme. Gemüse und Getreide haben einen hohen Ni-Gehalt, auch im Trinkwasser befindet sich, wie das "Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants" [6] nachgewiesen hat, 4 bis 8 ug Nickel/l. Motorenabgase und Ölfeuerungen erhöhen den Ni- Gehalt der Luft. Nahrungsmittel aus Dosen, zu deren Herstellung Ni-haltige Legierungen gebraucht worden sind, weisen möglicherweise auch einen höheren Ni-Gehalt auf. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die FDA [8] in einer wissenschaftlichen Stellungnahme, die sich mit dem Problem des Nickels als Nahrungsbestandteil und der möglicherweise hieraus erwachsenden Gesundheitsgefährdung beschäftigt, feststellt:
"There is no evidence in the available information on elemental nickel that demonstrates, or suggests reasonable grounds to suspect, a hazard to the public when it is used at levels that are now current and in the manner now practiced or that might reasonably be expected in the future."
SCHROEDER und seine Mitarbeiter [26] haben zeigen können, daß die tägliche Ni-Aufnahme etwa 300-600 ug beträgt. Die eigenen Untersuchungen ergaben nach Eingliederung

der Ultratek- und Wironschienen Ni-Werte zwischen 3 ng/ml und 280 ng/ml. Die Analysenwerte des überwiegenden Teils der Speichelproben lagen bei etwa 25 ng/ml.

Ein statistisches Mittel zu errechnen ist bei der niedrigen Zahl von 15 Probanden nicht zweckmäßig, weil vereinzelt herausfallende Werte, sei es nach oben oder nach unten hin, gemittelte Angaben zu sehr verfälschen. Legt man eine tägliche Ni-Aufnahme von 25 ng/ml Speichel durch die Wiron- bzw. Ultratekschienen zugrunde, so ergäbe das bei einer durchschnittlichen Speichelproduktion von 1,5 l/die insgesamt ca. 3700 ng = 37 ug Nickel pro Tag. Runden wir die 37 ug auf 40 ug, macht das bei einer täglichen Gesamtaufnahme von 300 bis 600 ug Nickel [26] nur 6,5 % bis 13 % aus. Berücksichtigt man jetzt noch, daß es sich bei der Versuchsanordnung um die Eingliederung von Aufbißschienen handelte, d.h. also, daß eine verhältnismäßig große Metalloberfläche dem Speichel ausgesetzt war, dann muß die gelöste Ni-Menge bei einer etwa viergliedrigen Brücke folglich kleiner sein. Dieser Wert kann sicherlich bei der Menge der täglichen oralen Ni-Aufnahme vernachlässigt werden.

Die gefundenen Werte und darauf aufbauenden theoretischen Überlegungen decken sich auch mit den von

GUNDLACH [10] angestellten Überschlagsrechnungen. Bei der überwiegenden Zahl der Probanden enthält der Speichel ca. 25 ng Ni/ml, was einer Tagesaufnahme von ungefähr 40 ug Nickel entspricht. Nach der FDA [8] beträgt die tägliche Nickelaufnahme allein durch den Verzehr von Ölen, Fetten und Margarinen etwa 30 ug.

Vergleicht man Ultratek und Wiron miteinander, so kann man auch ohne ein statistisches Mittel zu errechnen feststellen, daß die Ni-Konzentrationen bei Wiron nach dem Tragen der Schiene etwas geringer sind als bei Ultratek. Diese Ergebnisse korrelieren mit den von WEBER und FRAKER [36] in einer Studie über das anodische Polarisationsverhalten von ungeglühten und mehrfach geglühten Ni-Cr-Legierungen veröffentlichten Erkenntnissen, daß Wiron 77 korrosionsbeständiger ist als Ultratek.

Die vorliegende Arbeit zeigt weiterhin, daß auch die seit langem verwendete Co-Cr-Legierung nicht völlig inert gegenüber dem Mundhöhlenmilieu ist. Die Co-Werte steigen nach dem Einsetzen der Schiene merklich an. Sie erreichen eine Größe bis zu 30 ng/ml, wobei es sich nicht um einen herausfallenden Wert handelt. Der Maximalwert im Leerspeichel beträgt nur 3,8 ng/ml.

Aber bei den Co-freien Legierungen finden wir ebenfalls vereinzelt Co-Konzentrationen in diesen Größenordnungen, ja sogar einen exponierten Wert im Leerspeichel zur Wironschiene von 60 ng/ml. Damit dürfte ebenfalls der Nachweis erbracht sein, daß auch Kobalt über andere externe Quellen wie Nahrung etc. in den Speichel gerät.

Als abschließendes Resümee kann festgestellt werden, daß sich sowohl der Be-, Co-, als auch Ni-Gehalt im Speichel nach dem Einsetzen einer NEM-Arbeit auf Ni-Cr-Basis bzw. Co-Cr-Basis erhöht. Die einzelnen Werte liegen dann aber immer noch in Größenordnungen, die auch ohne Eingliederung einer dementsprechenden NEM-Legierung erreicht oder überschritten werden können. Die gelösten Ni-Konzentrationen aus diesen Metallen machen sogar nur einen geringen Anteil der gesamten täglichen Ni-Aufnahme aus. Toxikologische Schäden sind somit durch die zahnärztliche Verwendung von Ni-Cr- bzw. Co-Cr-Legierungen nicht zu erwarten.

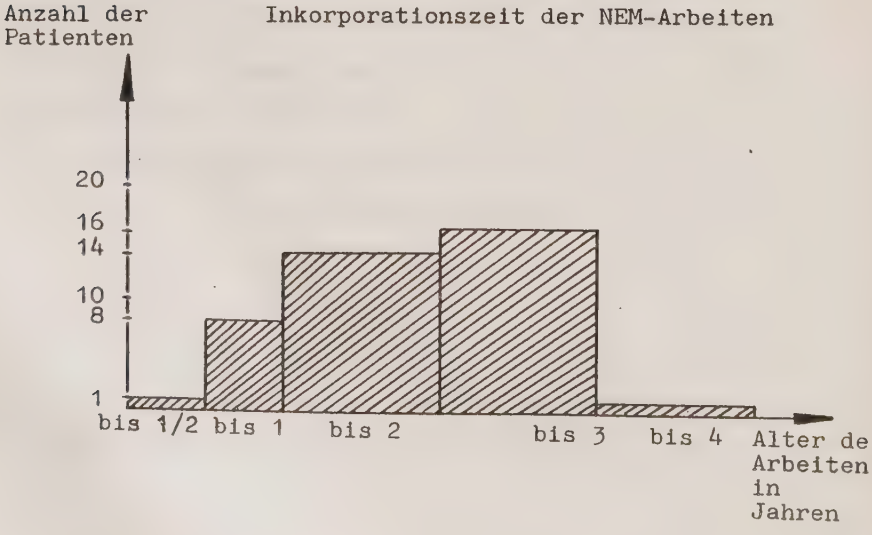
B: KINISCHE LONGITUDINALSTUDIE

M A T E R I A L und M E T H O D E

40 Patienten, denen in der Westdeutschen Kieferklinik Zahnersatz aus NEM-Legierungen eingesetzt worden waren, sind im Rahmen dieser Arbeit nachuntersucht worden. Wir beschränkten uns bei den Kontrollen auf die Legierungen Ultratek und Wiron 77. Die untersuchten Arbeiten waren bis zu 4 Jahre alt, die jüngsten allerdings erst ein paar Monate. Die Inkorporationszeit der gesamten Kontrollen kann der Tabelle X entnommen werden.

T A B E L L E X

Inkorporationszeit der NEM-Arbeiten



Es wurde sowohl rein festsitzender als auch kombiniert festsitzender, herausnehmbarer Zahnersatz nachkontrolliert, wobei bei den Geschiebearbeiten nur die Primärteile aus NEM-Legierungen bestanden.
Die Nachuntersuchung erfolgte mit Hilfe einer Checkliste:

C H E C K L I S T E

Datum:

Patientenname:

Metall:

Arbeit eingesetzt am:

I Allgemeines

1. Zahnstatus
2. Schleimhäute
3. Allgemeiner Mundhygienezustand

II Zustand des NEM-Ersatzes

1. Metalloberfläche
2. Andere zahnärztliche Materialien in der Mundhöhle
3. Plaqueanlagerung
4. Randkaries
5. Zustand der marginalen Gingiva
6. Zustand der Keramikverblendung

III Fragen an den Patienten

1a. Temperaturempfindlichkeit

1b. Unterschiedliches Temperaturempfinden zur Goldarbeit

2a. Geschmacksbeeinträchtigung

2b. wenn ja, wann und wie

3. Allergien (Modeschmuck)

Im allgemeinen Teil wurde ein Befund erhoben, wobei die vorhandenen Füllungen mit ihrer Ausdehnung, Kronen, Brücken, fehlende Zähne und Lockerungsgrade I-III notiert wurden. Auch wurde eine Vitalitätsprüfung aller Zähne durchgeführt. Die Schleimhäute sind auf Veränderungen hin untersucht worden. Alsdann haben wir noch den allgemeinen Mundhygienezustand anhand von Plaque und Zahnstein beurteilt. Die Einstufung erfolgte in

sehr gut	-	vollkommen ohne Plaque und Zahnstein
gut	-	leichte Beläge an schwierig zu putzenden Stellen, kein Zahnstein
befriedigend	-	leichte Beläge, etwas Zahnstein an prädisponierten Stellen wie lingual der Uk-Front und buccal der oberen 6er
unzureichend	-	Beläge und massiv Zahnstein

Zur Sichtbarmachung der Menge und der Lokalisation von Plaque und Zahnstein wurde mit Fuchsinlösung angefärbt. Die Einstufung erfolgte anhand von Erfahrungswerten. Der spezielle Teil der Untersuchung bezog sich auf die NEM-Arbeit. Die Metalloberfläche wurde klinisch auf Verfärbungen hin kontrolliert.
Die Plaqueanlagerung im Besonderen an den NEM-Arbeiten ist mit Hilfe von Plaqueanfärbelösung mit den Belägen an den übrigen Zähnen verglichen worden.

Alle mit Ultratek oder Wiron überkronten Zähne sind klinisch auf Randkaries hin untersucht worden.
Auch haben wir geprüft, ob die marginale Gingiva im Bereich der nachzuuntersuchenden Arbeiten Entzündungsanzeichen aufweist. Kriterien hierfür waren Rötungen, Schwellungen, verstärkte Taschen im Vergleich zu den anderen Zähnen und ödematöse Papillen.
Bei der Nachuntersuchung der Keramikverblendung wurde nach Rissen und Abplatzungen gesucht. War Keramik abgeplatzt, so haben wir noch unterschieden, ob blankes Metall freilag oder die Opakerschicht noch das Metall bedeckte.
Anschließend ist der Patient noch nach einer Temperaturempfindlichkeit an den mit NEM-Legierungen überkronten Zähnen gefragt worden. Hatte der Patient gleichzeitig auch noch Goldkronen inkorporiert, so wurde nach einer unterschiedlichen Sensibilität an den mit verschiedenen Metallen versorgten Zähnen gefragt.
Zum Schluß sind noch evtl. Geschmacksbeeinträchtigungen, die der Patient auf die Kronen zurückführte, sowie vorliegende Ni-Allergien dokumentiert worden. Da viele Patienten sich unter "Ni-Allergien" nichts vorstellen können, wurden sie primär nach Hautausschlägen an mit Modeschmuck oder Uhrenarmbändern in Kontakt kommenden Hautarealen gefragt.

Von den meisten nachuntersuchten Arbeiten wurden eine Photographie in Schlußbißstellung sowie eine Aufbißaufnahme im Ok und Uk gemacht.

ERGEBNISSE

Bei den Nachuntersuchungen wurde ein eingehender Befund mit Vitalitätsproben erhoben und anschließend mit dem präprothetischen Zustand verglichen. Dabei ergab sich, daß kein Zahn, nachdem er mit NE-Metallen überkront worden war, seine Vitalität verloren hat. Bei der Untersuchung der Metalloberfläche zeigten sich nur in zwei Fällen Verfärbungen. In beiden Fällen handelte es sich um Frontzahnkronen, einmal zwei Kronen aus Ultratek und einmal eine Krone aus Wiron. Die Ultratek-Arbeit befand sich seit drei Jahren und die Wiron-Arbeit seit 2 Jahren in der Mundhöhle. Die Wironkrone war nach dem Einschleifen sichtlich schlecht poliert worden. Im Bereich der noch vorhandenen Rauhigkeit hatte sich die Metalloberfläche grünlich verfärbt. Die beiden verfärbten Ultratekkronen scheinen normal poliert gewesen zu sein. Alle drei veränderten Kronen hatten weder als Antagonist noch als Nachbarzahn überkronte oder mit metallischen Werkstoffen gefüllte Zähne. Im Seitenzahnbereich konnten an keiner NEM-Krone rein klinisch korrosive Vorgänge ausgemacht werden. Neben Amalgamfüllungen waren die Patienten zum Teil auch noch mit Goldrekonstruktionen versorgt. Bei Teleskopprothesen bestehen die Sekundärteile auch bei

NEM-Arbeiten aus Edelmetall, so daß besonders ungünstige Verhältnisse gegeben sind. Trotzdem fanden sich in keinem solchen Fall an der NEM- oder Edelmetallkrone Verfärbungen.

Die Plaqueablagerung an den überkronten Zähnen entsprach weitgehend dem allgemeinen Mundhygienezustand. In keinem Fall konnten an den NEM-Metallen verstärkt Beläge gefunden werden. Vereinzelt konnte man sogar feststellen, daß die Plaquebildung an den natürlichen Zähnen stärker war.

Ein Unterschied zwischen den Goldkronen und den Ultratek- bzw. Wironkronen war bezüglich der Belagbildung nicht auszumachen.

Randkaries wurde in keinem Fall gefunden. Die Präparationsgrenzen lagen alle subgingival, was einer erneuten Kariesbildung sicherlich entgegenwirkte.

Entsprechend der Plaqueablagerung war der Entzündungszustand der marginalen Gingiva. Bei fehlenden Belägen war die Gingiva weder gerötet noch ödematös verändert.

Bei sechs Patienten wurden Mängel an der Keramikverblendung registriert, wobei es sich zweimal um Wiron- und viermal um Ultratekarbeiten handelte. Die Defekte bei den Wironrekonstruktionen beschränkten sich auf einen 3 mm langen Riß bei einer ein Jahr alten gefrästen Verblendkrone und einer marginalen Abplatzung

an einem ebenfalls ein Jahr alten Brückenpfeiler. Bei vier Patienten mit inkorporierten Ultratekkronen bzw. -brücken befanden sich an sechs Verblendungen Abplatzungen und an einer Porzellanfacette ein kleiner Riß. Alle Arbeiten waren knapp drei Jahre alt.

Sowohl bei den Wiron- als auch Ultratekkronen lag nach den Abplatzungen das blanke Metall frei, d.h. daß die Opakerschicht mit abgesprungen war.

Eine Übersicht über die einzelnen Defekte kann der Tabelle XI entnommen werden.

TABELLE XI

Porzellandefekte

Metall	Patienten m. defekter Restauration	defekte Facetten	Art des Defektes: Riß	Abplatzung	freil. blankes Metall	freil. Opakerschicht
Wiron	2	2	1	1	1	-
Ultratek	4	7	1	6	6	-

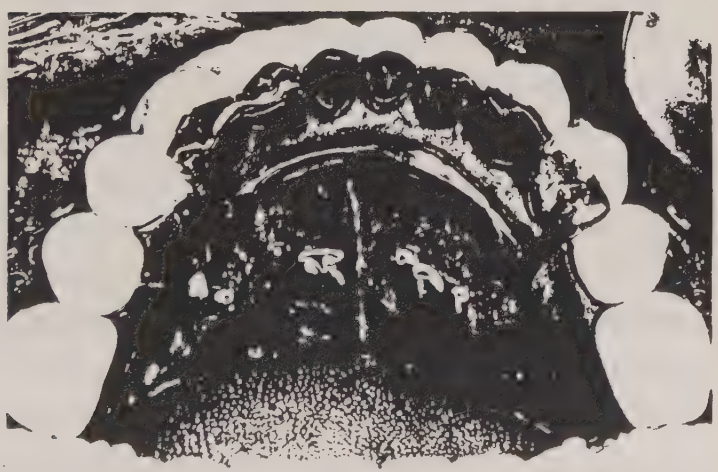
Sechs Patienten gaben eine den natürlichen Zähnen gegenüber erhöhte Temperaturempfindlichkeit an, obwohl die prothetische Arbeit zum Teil schon länger als ein Jahr eingegliedert war. Zwei dieser Patienten betonten jedoch, daß die mit Gold überkronten Zähne sensibler gegen Temperaturschwankungen seien. Eine Patientin empfand eine stärkere Empfindlichkeit des NEM-überkronten Zahnes, wobei erwähnt werden muß, daß die Wironkrone gerade erst vor einem Jahr, die Goldarbeit jedoch vor vielen Jahren eingesetzt worden war. Neben diesen Patienten gaben noch weitere eine initiale Temperaturempfindlichkeit an, die aber kurz nach dem Eingliedern der Kronen bzw. Brücken nachgelassen habe.

Bei drei Ultratek-Arbeiten konnte eine Geschmacksbeeinträchtigung eruiert werden, wobei bei einem Patienten der metallische Geschmack primär nach dem Zähneputzen auftrat. Ein anderer Patient gab an, die Geschmacksstörung sei nur kurz nach der Eingliederung der Kronen aufgetreten und nur dann, wenn er Süßigkeiten gegessen habe. Auch bei einer Wironarbeit konnte eine initiale Beeinträchtigung festgestellt werden, die aber nach kurzer Zeit nachgelassen habe. In allen Fällen handelte es sich um eine metallische Geschmacksirritation.

Nur ein Patient gab auf Befragung hin an, auf Modeschmuck allergisch zu reagieren. Trotzdem war die Gingiva im Bereich der NEM-Arbeit völlig reaktionslos. Andere Allergien wurden beim Komplettieren des Fragebogens nicht berücksichtigt.
Die der Arbeit beigefügten Photographien zeigen die verschiedenen klinischen Indikationen der NEM-Legierungen.

Abb. III

Beispiel einer nachuntersuchten NEM-Arbeit



D I S K U S S I O N

Für eine Longitudinalstudie wurden 40 NEM-Arbeiten nachuntersucht. Es wurde insbesondere auf Veränderungen an der Metalloberfläche, Plaqueanlagerungen, den Zustand der marginalen Gingiva und der Keramikverblendungen, Temperaturempfindlichkeit und Geschmacksbeeinträchtigungen geachtet.
Eine ähnliche Nachuntersuchung machte E.A. SANTUCCI [24] 1978. Er kontrollierte bei 11 Patienten insgesamt 22 NEM-Einheiten nach 3 Monaten, 6 Monaten und einem Jahr nach. Alle Arbeiten waren aus Ceramalloy II hergestellt und mit Ceramcoporzellan verblendet. Die Kontrollen bezogen sich auf den Keramikzustand, den Glanz des Metalls, Integrität der Lötstellen und auf gingivale Entzündungsanzeichen. Sie verliefen alle negativ bis auf drei Fälle, bei denen eine leichte Entzündung der marginalen Gingiva registriert werden konnte. Sie wurde aber durch den allgemeinen Mundhygienezustand hervorgerufen, da selbige Entzündungsanzeichen auch an den natürlichen Zähnen zu finden waren. Diese Ergebnisse entsprechen vollkommen unseren eigenen Resultaten. Wir haben sogar zum Teil eine geringere Entzündung im Bereich der Kronen vorgefunden. Verantwortlich hierfür ist sicherlich nicht das Material, sondern die Oberflächenbeschaffenheit. An einer glatten

hochglanzpolierten Fläche kann weniger Belag anhaften als an rauhen Flächen. Der natürliche Zahn ist zwar im nativem Zustand genauso glatt wie eine polierte Krone, doch kann er durch unpolierte Füllungen, Demineralisation und Karies eine unebene, rauhe Oberfläche bekommen. Dann ist die Plaqueadhaesion am natürlichen Zahn größer als am überkronten. Da in keinem Fall die NEM-Kronen mehr Beläge aufwiesen als die Edelmetallkronen oder auch intakten natürlichen Zähne, muß daraus geschlossen werden, daß eine Ni-Cr-Legierung keine verstärkte Plaqueanlagerung induziert. Mit der verminderten Belagbildung geht auch eine verringerte Entzündung der Gingiva einher, das zeigt, daß die Ni-Cr-Legierung selbst keine Entzündung hervorruft. Zu denselben Resultaten kommen auch H.M. LANDESMAN u.a.m. [12] in einer 18-monatigen Studie über edelmetallreduzierte und edelmetallfreie Legierungen im direkten Vergleich zu Edelmetallegierungen. Neben den gingivalen Irritationen durch NEM-Legierungen hat LANDESMAN auch noch nach verstärkten Zahnsensibilitäten, Abrasionen und Oberflächenveränderungen gesucht. Nur bei den letztgenannten fand er bei der NEM-Legierung deutlich schlechtere Ergebnisse. Die Legierung Litecast schnitt am schlechtesten ab. Sie zeigte in vier von sieben Fällen Trübungen an der

Metalloberfläche. SANTUCCI [24] fand diese Korrosionsanzeichen bei Ceramalloy II nicht.
Bei den eigenen Nachuntersuchungen konnten nur bei zwei Patienten an drei Kronen Oberflächenverfärbungen festgestellt werden. Da 40 Patienten mit 228 Einheiten kontrolliert worden sind, entsprechen drei Einheiten 1,3 %. Geht man jetzt noch davon aus, daß die Verfärbung an der Wironkrone durch eine Politur nach dem Einschleifen hätte vermieden werden können, verringert sich der Prozentsatz noch auf 0,9 %.
Allgemein ist bei der Verarbeitung von Metallen z.B. auch bei Amalgamfüllungen in der Mundhöhle festzustellen, daß eine Politur als eine Oberflächenvergütung anzusehen ist.
Verfärbungen sind z.T. auch an Edelmetallrekonstruktionen auszumachen. Untersuchungen mit Statistiken zur Häufigkeit derselben gibt es jedoch nicht.
Da die Ni-Cr-Legierung nur ein Fünftel der Wärmeleitfähigkeit der Edelmetallegierung besitzt [32], stellt sich die Frage, welche Auswirkungen diese verminderte Wärmeleitfähigkeit auf das subjektive Empfinden des Patienten hat. Von den 40 Patienten vermerkten nach mindestens einjähriger Inkorporationszeit sechs noch eine verstärkte Temperaturleitfähigkeit der überkronten Zähne, wobei einer den Goldkronen gegenüber eine Ver-

besserung angab. Es kann also festgestellt werden, daß trotz geringerer Wärmeleitfähigkeit zum Teil noch eine Sensibilität der Zähne gegen kalt und warm bestehen bleibt. Ein direkter Vergleich mit Goldlegierungen ist uns nicht möglich, da prozentuale Angaben über bleibende Temperaturempfindlichkeit von edelmetallüberkronten Zähnen fehlen.
LANDESMAN [12] fand bei seinen Nachuntersuchungen keine nennenswerte Sensibilität der überkronten Zähne.
Neben der Temperaturempfindlichkeit wurden die Patienten noch nach Geschmacksbeeinträchtigungen und Allergien befragt.
Zur allergenisierenden Wirkung der Ni-Cr-Legierungen liegen einige Literaturquellen [11, 14, 18] vor. Wir konnten dazu in unserer Studie folgende Erfahrung sammeln:
Eine Patientin, die unter einer Ni-Allergie litt, zeigte intraoral keine Veränderung an der Schleimhaut. D. HERRMANN [11] wies 1977 schon darauf hin, daß die Reizschwelle für eine allergische Reaktion an der Schleimhaut etwa 5-12fach höher liege als an der äußeren Haut. Damit kann unser Fall erklärt werden: Bei intraoral völlig unauffälligem Befund, trotz eingegliederter NEM-Krone, zeigten sich im Kontaktbereich von metallischen Uhrenarmbändern und Modeschmuck Haut-

ausschläge, die nach Abnahme der Armbänder oder ähnlicher Ursachen ausheilten. Bei keinem Patienten konnte festgestellt werden, daß durch die Eingliederung der NE -Metalle eine Allergie entstanden wäre. Die Behauptung von J.P. HOFFA [18], daß durch intraoral vorkommende Allergene, extraoral Hautreaktionen aufflammen können, wurde in keiner Kontrolle bestätigt. Auch haben wir PRYSTOWSKI [22], der gezeigt hat, daß eine langdauernde Nickelexponierung häufig zur Allergenisierung führe, durch unsere vierjährigen Erfahrungen mit Ni-Cr-Legierungen nicht bestätigen können. Als Resümee kann festgestellt werden, daß der aus Ni-haltigen Legierungen hergestellte Zahnersatz sich in dieser Studie einwandfrei nicht als potentielles Allergen erweist.

WEBER gliederte bei fünf Patienten mit nachgewiesener Ni-Allergie und Co-Allergie Testplatten auf Ni-Cr- bzw. Co-Cr-Basis ein. Nach 14 Tagen ließen sich weder lokalisierte noch allgemeine Reaktionen feststellen [34].

Bei 172 nachuntersuchten verblendeten Ni-Cr-Einheiten, mußten neun Keramikverblendungen beanstandet werden. Das entspricht 5,2 %. In sechs Fällen handelte es sich um Abplatzungen, wobei jedes Mal das blanke Metall freilag. Das heißt, daß die Bindung zwischen Opaker und Metall ungenügend.war. Sieben der defekten Keramikver-

blendungen waren auf die Legierung Ultratek aufgebrannt. Bei Wiron fanden wir nur in zwei Fällen Mängel an der Verblendung, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Ultratekarbeiten in die ersten Jahre der Erfahrungssammlung mit NEM-Legierungen fielen und wir wesentlich mehr Wiron- als Ultratekarbeiten nachuntersucht haben. Somit ergibt sich eine prozentuale Fehlerquote von 1,9 % für Wiron und von 10,9 % für Ultratek.

SANTUCCI [24] fand bei seinen Nachuntersuchungen gar keine Defekte bei der Keramikverblendung. Er kontrollierte die Legierung Ceramalloy II mit Ceramco-Keramik. Diese Studien zeigen, daß nicht alle NE - Metalle auf eine Stufe gesetzt werden können. Geringste Veränderungen in der Zusammensetzung bewirken häufig ein völlig anderes Verhalten der Legierungen, so daß z.B. die unterschiedliche Keramikbindungsfähigkeit zustande kommt.

Inwieweit und wie häufig Keramikdefekte bei Edelmetallkronen vorkommen, kann in der Literatur nicht nachgelesen werden. Offensichtlich wird die Bindung zwischen Keramik und Edelmetallkronen generell als ausreichend gut angesehen. Eine veröffentlichte Studie dazu gibt es nicht, so daß ein Vergleich zwischen Edelmetallen und Nicht Edelmetallen nicht möglich ist. Mißerfolge

mit einem NE-Metall verleiten allzu häufig dazu, die Ni-Cr-Legierungen generell als unbrauchbar hinzustellen. Dabei ist zu bedenken, daß diese Legierungen, deren mechanisch - physikalischen Eigenschaften von denen der Goldlegierungen abweichen, trotzdem mit der "Goldtechnologie" verarbeitet werden. Die Verarbeitungsmethode muß auf die NEM-Legierungen abgestimmt werden, sonst kommen immer wieder Mißerfolge vor.
Beispielsweise die Vorgänge an der metall-keramischen Grenzfläche beim Aufbrennen der Keramikmasse sind eine Funktion der Zeit und des Temperaturverlaufes. Da nun die Wärmeleitfähigkeit der NEM-Legierungen geringer ist [32], darf man - wenn man mit einer Keramik, die für die Edelmetalltechnik entwickelt wurde, an diese Legierung herangeht und darüber hinaus die Arbeitsweise der Edelmetalltechnik für einen solchen Legierungstyp übernimmt - nicht erwarten, daß alles reibungslos läuft: Sprünge in der Keramik und andere Fehlschläge werden zwangsläufig dabei auftreten [33].
Zur Lösung dieser Problematik brauchen wir noch weitere Versuche zu den technisch-physikalischen Eigenschaften der NEM-Legierungen. Auch sind zur breiten Einführung dieser Legierungen noch weitere klinische Studien nötig, da gerade in den letzten Jahren die NEM-Legierungen entscheidende Verbesserungen durchlaufen

haben,und wir gleichzeitig viel mehr Erfahrungen im Umgang mit diesen Legierungstypen sammeln konnten. Die Auswirkungen der Ni-Cr-Legierungen auf Allergiepatienten müßten anhand von klinischen Versuchen weiter untersucht werden.

Grundsätzlich hat die vorliegende klinische Studie die Brauchbarkeit von edelmetallfreien Legierungen als Goldalternative bewiesen.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Nachdem 1974/75 die Prothetik in den Bundesmantelvertrag übernommen worden ist, d.h., die Kosten für den Zahnersatz nur noch zu einem geringen Teil vom Patienten übernommen werden mußten, stieg der Goldverbrauch im dentalen Sektor in der BRD rapide an. Der vermehrte Verbrauch sowie die hohen Goldpreise zwingen uns heute zur Suche nach brauchbaren, preiswerten Goldalternativen, die in Form von Ni-Cr-Legierungen angeboten werden. Es bestehen aber bezüglich ihrer technischen Verarbeitbarkeit und ihrer Biokompatibilität Bedenken.

Ziel dieser Arbeit ist es, durch eine klinische Longitudinalstudie sowie durch klinisch experimentelle Studien zur elektrochemischen Korrosion der Aufbrennlegierungen Wiron 77 und Ultratek einen wissenschaftlichen Beitrag zur biologischen Verträglichkeit dieser Ni-Cr-Legierungen zu leisten. Hierzu haben zur Korrosionsuntersuchung 15 Zahnmedizinstudenten jeweils eine Aufbißschiene aus Ultratek, Wiron und Wironium über einen Zeitraum von drei Tagen getragen. Vor dem Eingliedern jeder Schiene wurden Speichelproben zur Leerwertbestimmung und während der Inkorporationszeit wurden täglich Speichelproben genommen. Da die Analyse des Speichels mit Hilfe der AAS auf Be, Co, Ni hin

durch den entstandenen Sedimentationsanteil starke Schwankungen der Meßwerte ergab, sich aber während der dreitägigen Tragezeit keine Tendenz zur Kumulation abzeichnete, ist jede Schiene noch einmal einen Tag getragen worden, wobei vor der Analyse der Speichel geschüttelt worden ist.

Die durchgeführten Analysen des Sedimentationsanteils zeigen eine Anhäufung der Elemente im Bodensatz, von dem angenommen werden kann, daß er überwiegend aus Proteinen und Muzinen besteht. Die Ni-Leerwerte im Sedimentationsanteil differieren z.T. untereinander mit einem Faktor 330; auch bei den geschüttelten Proben können noch Schwankungen mit dem Faktor 37 festgestellt werden. Die Leerwerte erstrecken sich also über eine ziemlich große Bandbreite, wobei sich auch die Analysenwerte nach Tragen der Schienen fast ausschließlich innerhalb gewisser Areale dieser Bandbreite bewegen. Nur wenige exponierte Konzentrationen übersteigen den Bereich der Leerwertanalysen.

Als Resultat kann man feststellen, daß jede der drei NEM-Legierungen, auch die bereits seit Jahren zum Modellguß verwendete Co-Cr-Legierung "Wironium", in Abhängigkeit von ihrer Zusammensetzung die oben genannten Elemente in geringem Umfang an den Speichel abgibt. Hierbei ist noch nicht geklärt, ob das Nickel

als Ion oder in chemisch gebundener Form vorliegt. Dieser Frage nachzugehen, sollte wegen der schwierigen Analyse - wenn überhaupt möglichen - so geringer Mengen Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.
Durch vergleichende Literaturstudien stellt sich weiterhin heraus, daß die normale tägliche Ni-Aufnahme weitaus höher ist, als die durch NEM-Legierungen in Lösung gehende Ni-Menge. Die vielgefürchteten Ni-Intoxikationen durch Inkorporation von NEM-Legierungen dürften durch diese Ausführungen ausgeschlossen worden sein.
Bei den klinischen Nachuntersuchungen von festsitzendem und kombiniert festsitzend herausnehmbaren Zahnersatz aus Wiron und Ultratek stellt sich heraus, daß auch die Langzeitergebnisse mit diesen Legierungen sehr gut sind, wobei das Wiron dem Ultratek gegenüber überlegen zu sein scheint. Klinisch sind keine pathologischen Veränderungen in der Mundhöhle festzustellen. Lediglich in 1,3 % der Fälle sind Oberflächenveränderungen im Sinne von Verfärbungen an den Kronen auszumachen.
Die aus beiden Untersuchungsteilen dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse relativieren die bisher diesen Legierungen entgegengebrachten biologischen Bedenken erheblich. Letztlich wird die klinische Brauchbarkeit der edelmetallfreien Goldalternative auf Ni-Cr-Basis bestätigt.

Aufgrund der großen Legierungsvielfalt von edelmetallfreien Legierungen einerseits und aufgrund der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten kostspieligen und aufwendigen Untersuchungen andererseits wäre es wünschenswert, wenn vereinfachte, standardisierte Prüfverfahren zur Qualitätssicherung von zahnärztlichen Legierungen zur Verfügung ständen.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

(1) AMERICAN DENTAL ASSOCIATION
Biological effects of nickel-containing dental alloys
JADA, 104/4, 501-5, 1982

(2) ANKE, M.
Proceeding of the 2nd congress on nickel toxicology, Swansea, Wales 1980

(3) BAUER, R.
Survey of the use of casting alloys in commercial dental laboratories
J. Nat. Assoc. dent. Lab. 24, 7 1977
(Part I)

(4) BAUER, R.
Survey of the use of casting alloys in commercial dental laboratories
J. Nat. Assoc. dent. Lab. 24, 8,1977
(Part II)

(5) CATALANATTO, F.A.; SUNDERMAN, F.W.; MACINTOSH, T.R.
Nickel concentration in human parotid saliva
Am. Clin. Lab. Sci. 7, 146-51, 1977

(6) COMMITTEE ON MEDICAL AND BIOLOGIC EFFECTS OF ENVIRONMENTAL POLLUTANTS 1975

(7) ESPEVIK, S.
Corrosion of base metal alloys in vitro
Acta Odontol. Scand. 36, 113-117, 1978

(8) FDA
Evaluation of the health aspects of nickel as a food ingredient
FDA (DHEW) Contract No. 223-75, 2004

(9) GILMORE, H.W.; CHARBENEAU, G.T.; EAMES, W.B.; JENDRESEN, M.; PHILLIPS, R.W.; RAMFJORD, S.P.; ROBERTS, D.L.
Report of the committee on scientific investigation of the American academy of restorativ dentistry
J. Prosthet. Dent. 40/2, 192-215, 1978

(10) GUNDLACH, H.W.
Edelmetall-Dentallegierungen
Edelmetallfreie - Dentallegierungen
dental labor 30/3, 321-24, 1982

(11) HERRMANN, D.
Allergische Reaktionen durch zahnärztliche Werkstoffe
Münch. med. Wschr. 119/8, 265-70, 1977

(12) LANDESMAN, H.M.; DE GENNARD, G.G.; MARTINOFF, J.T.
An 18 month clinical evaluation of semiprecious and nonprecious alloy restorations
J. Prosthet. Dent. 46/2, 161-66, 1981

(13) LUDWIG, K.; BEHRENSDORF, J.
Über das Korrosionsverhalten der Aufbrennlegierung Ultratek
Dtsch. Zahnärztl. Z. 33, 833-36, 1978

(14) MEYER, E.
Gegenwärtige Standortbestimmung zur Eingliederung verschiedener Metalle in die Mundhöhle
Dtsch. Zahnärztl. Z. 36, 265-69, 1981

(15) MEYER, J.M.
Corrosion resistance of nickel-chromium dental casting alloys
Corrosion Science 17, 971-82, 1977

(16) MEYER, J.M.; WIRTHNER, J.M.; BARRAND, R.; SUSZ, C.P.; NALLY, J.N.
Corrosion studies on nickel-based-casting alloys
Corrosion and degradation of implant materials, ASTM STP 684, B.C.
Syrett and A. Acharya, Eds.,
American Society for Testing and Materials,
295-315, 1979

(17) MOFFA, P.J.
Edelmetallfreie Legierungen in Verbindung mit aufgebrannter Porzellanverkleidung
Dent. Labor 21/6, 611-4, 1973

(18) MOFFA, J.P.; BECK, W.D.; HOKE, A.W.
Allergic response to nickel containing dental alloys
J. Dent. Res. 56, 878, abstract no. 107, 1977

(19) MOFFA, P.J.; GUCKES, A.D.; OKAWA, M.T.; LILLY, G.E.
An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneers. Part II Industrial safety and biocompatibility
J. Prosthet. Dent. 30/4, 432-41, 1973

(20) NEWMAN, S.; CHAMBERLAIN, R.T.; NUNEZ, L.J.
Nickel solubility from nickel-chromium
dental casting alloys
J. Biomed. Mater. Res. 15, 615-17, 1981

(21) PILIERO, S.J.; CARSON, S.; LI CALZI, M.;
PENTEL, L.; PILIERO, J.A.; KAUFMAN, E.G.;
SCHULMAN, A.; WILLIGAN, D.A.
Biocompatibility evaluation of casting alloys
in hamsters
J. Prosthet. Dent. 41/2, 220-23, 1979

(22) PRYSTOWSKY, S.D.; und andere
Allergic contact hypersensitivity to nickel,
neomycin, ethylediamine and benzocaine
Arch. Dermatol. 115, 959-62, 1979

(23) RITTMANN, D.; SCHMALLENBERG
Neuere biologische und epidemiologische Er-
gebnisse bezüglich Nickel
Staub - Reinhalt. Luft 42/4, 140-42, 1982

(24) SANTUCCI, E.A.
Clinical Study Summary - Ceramalloy II
Crown and Bridge Alloy
Brief an Dr. R.A. Abodeely vom 3. Okt. 1978

(25) SCHROEDER, H.A.; MITCHNER, K.
Toxic effects of trace elements on the reproduction of mice and rats
Arch. Environm. Health. 23, 102-6, 1971

(26) SCHROEDER, H.A.; BALASSA, J.J.; TIPTON, J.H.
Abnormal trace metals in man-nickel
J. Chron. Dis. 15, 51-65, 1962

(27) SPERNER, F.
Edelmetall-Dentallegierung!
Edelmetallfreie Legierung?
dental labor 29, 1871, 1981

(28) VOLTZ, H.; WUTSCHEL, A.
Nickel - kein Krebsrisiko in der Edelstahlindustrie
Sonderdruck aus "Stahl und Eisen" 101, 24, 1467-70, 1981

(29) WAGNER, E.
Edelmetalle
In: Eichner, K.
Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung
3. Auflage, Hüthig, Heidelberg, 1974

(30) WEBER, H.
Zur Vergießbarkeit von Dentallegierungen unter Berücksichtigung der aufbrennfähigen Ni-Cr-Legierungen
Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 527-531, 1979

(31) WEBER, H.
Experimentelle Untersuchungen und theoretische Überlegungen zum Vergießen von aufbrennfähigen Nickel-Chrom-Legierungen
Dtsch. zahnärztl. Z. 36, 15-19, 1981

(32) WEBER, H.
Zur Wärme- und Temperaturleitfähigkeit von dentalen Ni-Cr-Legierungen
Dtsch. zahnärztl. Z. 36, 652-658, 1981

(33) WEBER, H.
Die Goldlegierung:
Ein unverzichtbares Material?
Sonderdruck ZM 6, 1981

(34) WEBER, H.
Clinical acceptance of dental Ni-Cr-alloys
Vortrag FDI-Kongreß, Wien 1982

(35) WEBER, H.; FRAKER, A.C.
Sem studies of dental casting alloy corrosion behavior
"37th Ann. Proc. Electron. Microscopy Soc. Amer." San Antonio, Texas, 1979. G.W. Bailey (ed.)

(36) WEBER, H.; FRAKER, A.C.
Anodisches Polarisationsverhalten von ungeglühten und mehrfach geglühten Ni-Cr-Legierungen
Dtsch. zahnärztl. Z. 35, 942-46, 1980

(37) WEHNER, A.P.; CRAIG, D.K.
Toxicology of inhaled NiO and CoO in Syrian golden hamsters
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 33, 146-55, 1972

(38) ZENTRALINSTITUT FÜR ZAHNÄRZTLICHE ERGONOMIE DER LANDESZAHNÄRZTEKAMMER RHEINLAND - PFALZ
Die Verarbeitung von edelmetallfreien Legierungen für die Aufbrennkeramik-Sicherheitsempfehlungen für den Laborbereich
Quintessenz der Zahntechnik 9, 1-2, 1975

D A N K

Priv.-Doz. Dr. H. Weber sei für die Überlassung des Themas gedankt.

Herrn Dr. Herber, Forschungsinstitut für zahnärztliche Versorgung e.V. (Köln) sei gedankt für die finanzielle Unterstützung der aufwendigen Analysen und des Druckes der Dissertation.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Engell, Direktor des Düsseldorfer Max-Planck-Institutes für Eisenforschung, - und dort vor allem seinen Mitarbeitern Dr. Sauer und Herrn Nietsche für die Möglichkeit zur bzw. für die Hilfe bei der Durchführung der Analysen.

L E B E N S L A U F

Als zweites Kind des Bauingenieurs Franz-Fritz Paulssen und seiner Ehefrau Agnes, Maria Theresia, geborene Sieberg, wurde ich am 22.05.1956 geboren.

Ich wurde römisch-katholisch getauft und besuchte ab 01.04.1963 die Volksschule in Aachen-Haaren. 1967 wechselte ich zum Städtischen Neusprachlichen Gymnasium für Jungen und Mädchen, Aachen, wo ich 1976 das Abitur machte. Im gleichen Jahr begann ich zum Wintersemester an der Universität in Düsseldorf das Studium der Zahnheilkunde und schloß dieses Ende Oktober 1981 mit dem Staatsexamen ab.